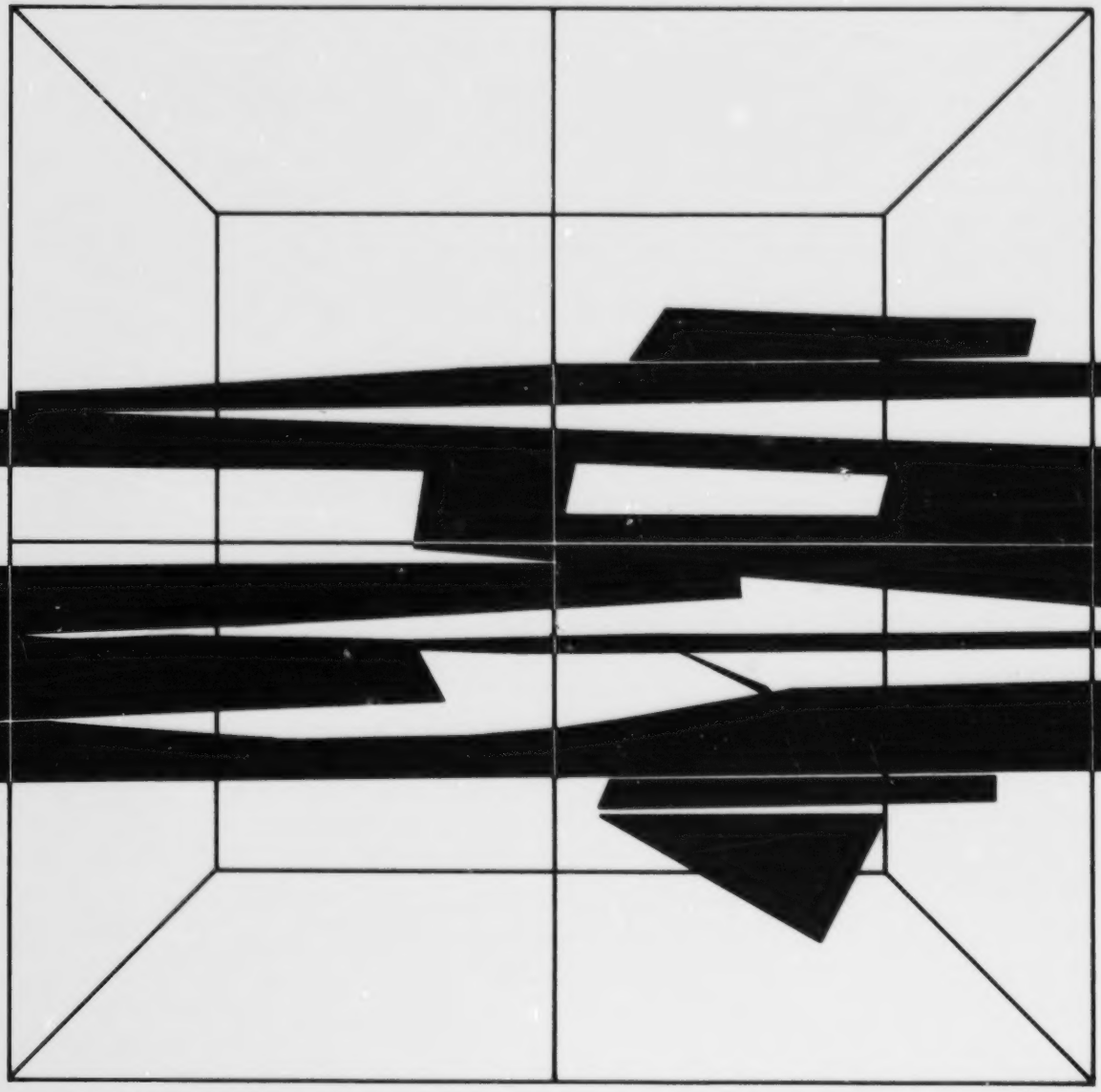
Status Report on Water Pollution Control in the Canadian Metal Mining Industry (1982)

1885
1985

Report EPS 1/MM/2
July 1985



Environment Canada
Environmental Protection Service

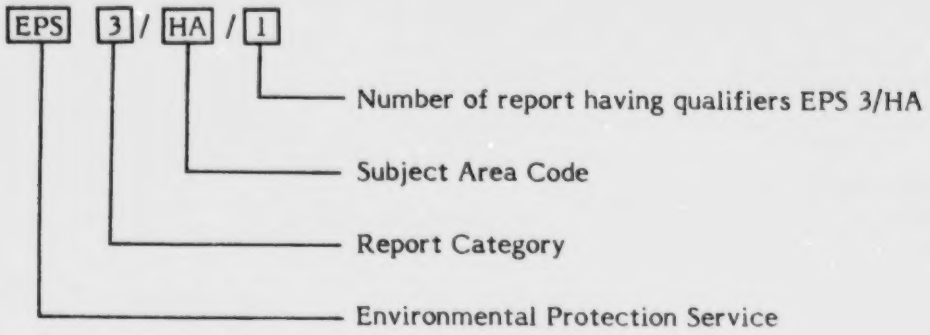
Environnement Canada
Service de la protection de l'environnement

Canada

86-06024/

ENVIRONMENTAL PROTECTION SERVICE REPORT SERIES

Sample Number:



Categories

1	Regulations/Guidelines/Codes of Practice
2	Public Consultation: Problem Assessment, Control Options
3	Research and Technology Development
4	Literature Reviews
5	Surveys
6	Social, Economic and Environmental Impact Assessments
7	Surveillance
8	Policy Proposals & Statements
9	Manuals

Subject Areas

AG	Agriculture
AP	Airborne Pollutants
AT	Aquatic Toxicity
CC	Commercial Chemicals
CP	Consumer Pollution
FP	Food Processing
HA	Hazardous Wastes
IC	Inorganic Chemicals
MA	Marine Pollution
MM	Mining & Mineral Processing
NR	Northern Regions
PF	Paper and Fibres
PG	Power Generation
PN	Petroleum and Natural Gas
SP	Oil & Chemical Spills
SRM	Standard Reference Methods
TS	Transportation Systems
UP	Urban Pollution

New subject areas and codes are introduced as they become necessary. A list of EPS reports may be obtained from the Publications Section, Environmental Protection Service, Environment Canada, Ottawa, Ontario, Canada, K1A 1C8.

National Parks Centennial
1885
1985
Centenaire des parcs nationaux

1885 – 1985:
100 years of Heritage Conservation
Canada's first national park was established in 1885 at Banff, Alberta. Today there are national parks and national historic parks in every province and territory. The National Parks Centennial is an occasion to renew our commitment to preserve examples of our heritage unimpaired for the benefit of all Canadians.

STATUS REPORT ON WATER POLLUTION CONTROL IN THE CANADIAN METAL MINING INDUSTRY (1982)

Mining, Mineral, and Metallurgical Processes Division
Industrial Programs Branch
Environmental Protection Service
Environment Canada

Report EPS 1/MM/2
July 1985

NOTICE

Any comments regarding this report should be addressed to:

Chief
Mining, Mineral and Metallurgical Processes Division
Industrial Programs Branch
Environmental Protection Service
Environment Canada
Ottawa, Ontario
K1A 1C8

© Minister of Supply and Services Canada 1985
Cat. No. En 49-7/1-2E
ISBN 0-662-53953-2
BEAUREGARD PRESS LIMITED

TABLE OF CONTENTS

		Page
1	INTRODUCTION	1
2	METAL MINING LIQUID EFFLUENT REGULATIONS AND GUIDELINES	2
2.1	Regulations	2
2.2	Guidelines	4
2.3	Code of Practice	4
2.4	Technology Basis for Regulations	4
2.5	Implementation	5
2.6	Monitoring and Reporting Requirements	5
2.7	Designation of Tailings Impoundment Areas	6
2.8	Unconfined Disposal of Tailings	7
2.9	Review of Regulations	7
3	COMPLIANCE DATA	8
3.1	Data Collection	8
3.2	National Summary	8
3.3	Data for Individual Mines	10
3.4	Compliance Activities	11
4	STATUS OF TECHNOLOGY FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION	25
4.1	Introduction	25
4.2	Tailings	26
4.2.1	Thickened Tailings Disposal	27
4.2.2	Sub-aerial Disposal	28
4.3	Acid Mine Water	29
4.3.1	Treatment Systems	30
4.3.2	Seepage from Abandoned Mine Sites	33
4.4	Uranium Mining: Control of Radionuclides	33
4.4.1	Conventional Treatment	33
4.4.2	Mechanical Treatment	34
4.4.3	Sludge Stabilization	34
4.4.4	Seepage Control	35
4.5	Treatment of Cyanide Wastes from Gold Milling	35
4.5.1	Natural Degradation	35
4.5.2	Alkaline Chlorination Method	36
4.5.3	Inco SO_2 - Air Process	37
4.5.4	Other Treatment Methods	38

LIST OF TABLES

Table		Page
1	AUTHORIZED LEVELS OF DELETERIOUS SUBSTANCES PRESCRIBED IN THE METAL MINING LIQUID EFFLUENT REGULATIONS	3
2	SUMMARY OF COMPLIANCE FOR NEW, EXPANDED AND RE-OPENED MINES SUBJECT TO THE REGULATIONS IN 1982	9
3	TREATMENT FACILITIES AND LIQUID EFFLUENT QUALITY FOR METAL MINES IN BRITISH COLUMBIA IN 1982	13
4	TREATMENT FACILITIES AND LIQUID EFFLUENT QUALITY FOR METAL MINES IN THE YUKON IN 1982	15
5	TREATMENT FACILITIES AND LIQUID EFFLUENT QUALITY FOR METAL MINES IN THE NORTHWEST TERRITORIES IN 1982	15
6	TREATMENT FACILITIES AND LIQUID EFFLUENT QUALITY FOR METAL MINES IN SASKATCHEWAN IN 1982	16
7	TREATMENT FACILITIES AND LIQUID EFFLUENT QUALITY FOR METAL MINES IN MANITOBA IN 1982	17
8	TREATMENT FACILITIES AND LIQUID EFFLUENT QUALITY FOR METAL MINES IN ONTARIO IN 1982	19
9	TREATMENT FACILITIES AND LIQUID EFFLUENT QUALITY FOR METAL MINES IN QUEBEC IN 1982	22
10	TREATMENT FACILITIES AND LIQUID EFFLUENT QUALITY FOR METAL MINES IN NEW BRUNSWICK IN 1982	24
11	TREATMENT FACILITIES AND LIQUID EFFLUENT QUALITY FOR METAL MINES IN NEWFOUNDLAND IN 1982	24
12	TYPICAL INFLUENT AND EFFLUENT AT MINEWATER TREATMENT PLANTS	31

1 INTRODUCTION

This report assesses the status of water pollution control in the Canadian metal mining industry since effluent standards were published in 1977. It describes (i) the federal law, regulations, guidelines, and codes of practice applicable to metal mines, (ii) effluent quality in 1982 from individual metal mines, and (iii) the water pollution abatement technologies used by the mining industry.

Section 2 describes Environment Canada's efforts to reduce water pollution from the metal mining industry. The Fisheries Act is the primary legislative authority for the federal national water pollution control program. Subsection 33(2) of the Fisheries Act prohibits the deposit of deleterious substances into waters frequented by fish. The Metal Mining Liquid Effluent Regulations (MMLER) were passed in February, 1977, under the Fisheries Act, to limit the deposit of deleterious substances into waters frequented by fish from new, expanded, and reopened metal mines, except for gold mines employing the cyanidation process. Guidelines were published at the same time for existing metal mines.

Environment Canada's requirements are frequently implemented through the licences or permits issued by the provinces or other federal agencies. Cooperative arrangements with these other government agencies are important elements in the Department's pollution control program.

Section 3 reviews the status of individual mines in meeting the requirements of the regulations and guidelines in 1982.

In addition to its regulatory role, Environment Canada promotes the advancement of technology to control pollution. Section 4 considers such issues as (i) tailings disposal, (ii) acid mine water, (iii) radioactive contaminants from uranium mines, and (iv) cyanide wastes from gold mining, and briefly outlines the technology available to address these issues.

In 1982 the Department established a technical advisory committee to assess the current state of technology for control of cyanide wastes from gold mines and to review the suitability of the existing controls on radionuclides from uranium mines. The pollution control technology for the destruction of cyanide in effluents from gold mines is still under assessment. As a result of the review of uranium mine effluents, Environment Canada concluded that there was no need to revise the standard for dissolved radium-226 currrently prescribed in the MMLER nor to prescribe limits for other radionuclides in uranium mine effluents. Instead, Environment Canada supports the development of a standard for total radium-226 for uranium mines by the Atomic Energy Control Board.

2 METAL MINING LIQUID EFFLUENT REGULATIONS AND GUIDELINES

The Metal Mining Liquid Effluent Regulations, Guidelines, Environmental Code of Practice, and Explanatory Notes were published as a single document in 1977 by Environment Canada as report EPS 1-WP-77-1. The regulations are found in the 1978 Consolidated Regulations of Canada, chapter 819 (1978 C.R.C., c. 819).

2.1 Regulations

The Metal Mining Liquid Effluent Regulations limit the concentrations of

1) Arsenic
2) Copper
3) Lead
4) Nickel
5) Zinc
6) Total Suspended Matter
7) Radium-226

that may be deposited by new, expanded, and reopened metal mines. The regulations do not apply to gold mines that use the cyanidation process. The regulations also provide a lower limit for pH. Table 1 shows the authorized levels of the deleterious substances and pH prescribed in the regulations.

In these regulations a mine includes all metal mining and milling facilities, and associated smelters, pelletizing plants, sinter plants, refineries, acid plants and any similar operations where the effluent from such operations is combined with effluents from mining and milling. A new mine is a mine that commenced commercial production after February 25, 1977. An expanded mine is a mine that has increased its production rate by more than 30% after February 25, 1977. A reopened mine is a mine that has resumed production after February 25, 1977, and that was not in production for more than two months in the 12-month period before this date.

The release of pollutants in effluent from metal mines is often related, among other factors, to (i) the natural characteristics of the ore, and (ii) uncontrollable water flows into the mine, waste rock dumps, or tailings pond. Consequently, there is no direct relationship between the production rate of mines and the amount of deleterious substances that may be released. Tailings or waste rock at an abandoned mine may also continue to release substantial amounts of deleterious substances after mining and milling operations have ceased. Therefore, the limits in the Metal Mining Liquid Effluent Regulations and Guidelines are based on the concentrations of deleterious substances in the effluent rather than on the production rate of the mine.

TABLE 1 AUTHORIZED LEVELS OF DELETERIOUS SUBSTANCES PRESCRIBED IN THE METAL MINING LIQUID EFFLUENT REGULATIONS

Part 1 **Authorized Levels of Substances**

Item	Substance	Column I Maximum Authorized Monthly Arithmetic Mean Concentration	Column II Maximum Authorized Concentration in a Composite Sample	Column III Maximum Authorized Concentration in a Grab Sample
1	Arsenic	0.5 mg/L	0.75 mg/L	1.0 mg/L
2	Copper	0.3 mg/L	0.45 mg/L	0.6 mg/L
3	Lead	0.2 mg/L	0.3 mg/L	0.4 mg/L
4	Nickel	0.5 mg/L	0.75 mg/L	1.0 mg/L
5	Zinc	0.5 mg/L	0.75 mg/L	1.0 mg/L
6	Total Suspended Matter (TSM)	25.0 mg/L	37.5 mg/L	50.0 mg/L
7	Radium-226	10.0 pCi/L	20.0 pCi/L	30.0 pCi/L

Note: The concentrations are given as total values with the exception of radium-226 which is a dissolved value after filtration of the sample through a 3 micron filter.

Part 2 **Authorized Levels of pH**

Parameter	Column I Minimum Authorized Monthly Arithmetic mean pH	Column II Minimum Authorized pH in a Composite Sample	Column III Minimum Authorized in pH a Grab Sample
pH	6.0	5.5	5.0

Note: The acceptable levels of substances in the Metal Mining Liquid Effluent Guidelines have the same numerical values as the authorized levels of deleterious substances prescribed in the Metal Mining Liquid Effluent Regulations.

2.2 Guidelines

The Guidelines for Liquid Effluent from Existing Metal Mines apply to all metal mines in operation before 1977 except gold mines using cyanidation. They contain the same numerical limits for the deleterious substances as the regulations. While the guidelines are not a specific law, they indicate the levels of contaminants in effluents which are considered by Environment Canada as meeting the spirit of the law. Failure to meet the guideline is not itself an offence; however, an existing mine that does not meet the guideline may be in violation of subsection 33(2) of the Fisheries Act. A mine may also be legally obligated to meet the guidelines if a government agency imposes these limits in a permit or licence under other legislation.

Environment Canada also developed Guidelines for the Measurement of Acute Lethality in Liquid Effluents from Metal Mines which specify a bioassay test procedure in which fish (rainbow trout) are exposed to effluent for 96 hours. If 50% of the fish survive, then the effluent is considered to pass the test. The toxicity test measures the short-term cumulative effect on fish of all deleterious substances that may be contained in an effluent. While the test is not designed to simulate the natural receiving water or to measure sublethal effects on fish, it provides a standard biological procedure to provide some indication of the potential impact of effluent on fish life.

2.3 Code of Practice

An Environmental Code of Practice for Mines was also developed and published with the regulations and guidelines. This code is a technical document that makes recommendations on the design and operation of mining and milling facilities on matters related to water pollution control. The document identifies what Environment Canada considers to be good water pollution control practices.

2.4 Technology Basis for Regulations

The numerical limits prescribed in the regulations and guidelines are based on the application of "best practical technology". "Best practical technology" means the control of pollution at the source through the application of technology that is in commercial use and is both technically and economically viable. Effluent treated through the application of "best practical technology" should be able to meet the Guidelines for the Measurement of Acute Lethality in Liquid Effluents from Metal Mines in most circumstances. Provincial agencies may impose their own effluent requirements, if they choose, in which case, the company must meet the more stringent of the federal or provincial requirements.

2.5 Implementation

Environment Canada and Fisheries and Oceans Canada cooperate with provincial and territorial environmental agencies in the implementation of the Metal Mining Liquid Effluent Regulations and Guidelines. The federal government attempts to implement the requirements of the regulations and guidelines by having the provincial agencies include the federal effluent limits in the provincial licences or permits that they issue to a mining company. The inclusion of the federal requirements in the provincial permit or licencing process results in a "one window" approach to industry by the regulatory agencies.

In the coastal regions where the federal government administers the fisheries, Environment Canada and Fisheries and Oceans Canada are more directly involved in the review of provincial licence and permit applications to ensure that the federal requirements are met. In situations where federally managed fishery resources could be significantly affected by a mining operation, the federal agencies may deal directly with the operation to address the specific fisheries concerns.

Uranium mines are licenced under the Atomic Energy Control Act, and Environment Canada works closely with the Atomic Energy Control Board to implement the regulations and guidelines for uranium mines. The effluent standards of the regulations are included in the Mining Facility Operating Licences issued by the board to the uranium mining companies. In the Yukon and the Northwest Territories, Environment Canada works closely with the water boards and the Department of Indian Affairs and Northern Development in the licencing of mines under the Northern Inland Waters Act.

2.6 Monitoring and Reporting Requirements

The Metal Mining Liquid Effluent Regulations and Guidelines contain monitoring and reporting requirements in sections 6 to 10. Section 11 provides for modifications to the monitoring and reporting scheme. The monitoring and reporting provisions ordinarily permit a single monitoring and reporting scheme to be used to fulfill both the provincial and the federal Fisheries Act (or other federal) requirements. The 1977 amendments to the Fisheries Act included subsection 33(14) which provides additional flexibility in specifying monitoring and reporting requirements.

Schedule 2 of the Metal Mining Liquid Effluent Regulations and Guidelines defines the frequency with which the prescribed parameters in effluents are to be sampled and analysed. Mining operations are required to sample and monitor their effluents and report the results on a regular basis to the government agencies. It is common for a

mining company to submit periodic reports on monitoring to the provincial environmental agency and for the provincial environmental agency to forward the information to Environment Canada. The particular arrangements vary with each province. Similar arrangements exist between Environment Canada and other federal agencies.

2.7 Designation of Tailings Impoundment Areas

A proposed tailings impoundment area may include within its boundaries a small pond or lake that may be frequented by some species of fish. If these fish are not a significant stock, then the Minister of Fisheries and Oceans may designate this area as a tailings impoundment area under subsection 5(2) of the Metal Mining Liquid Effluent Regulations. Since the regulations came into effect in 1977, two such tailings impoundment areas have been designated.

(i) Anderson Lake, near Snow Lake, Manitoba for the Snow Lake Mill of Hudson Bay Mining and Smelting Co. Ltd, and

(ii) Garrow Lake on Little Cornwallis Island, Northwest Territories for the Polaris Mine of Cominco Ltd.

The Metal Mining Liquid Effluent Regulations still apply to the quality of the final discharge of effluent as it leaves the tailings impoundment area.

2.8 Unconfined Disposal of Tailings

Environment Canada's policy regarding the unconfined disposal of tailings is described as follows in the Environmental Code of Practice for Mines:

> **6.1** Tailings should not be discharged to an unconfined disposal area unless confined disposal is shown to be impractical or unless the unconfined disposal alternative is environmentally preferable.
>
> **6.2** For new, expanded and reopened mines unconfined disposal is not permitted under the federal Metal Mining Liquid Effluent Regulations. When it can be shown that the unconfined disposal alternative is the most practical method, and that it is environmentally preferable to confined disposal, a separate regulation for each specific site must be obtained to allow its use.

The eight mines that disposed tailings into lakes, rivers, or marine waters in 1982 are identified in Tables 3 and 11. All of these operations except the AMAX/Kitsault Mine commenced operations prior to 1977 and are subject to the Metal Mining Liquid Effluent Guidelines rather than to the Regulations.

Since 1977 unconfined disposal of tailings has been approved in only one case. The Alice Arm Tailings Deposit Regulations under the Fisheries Act (P.C. 1979-1112,

April 4, 1979; SOR/79-345) authorize AMAX of Canada Ltd. to deposit tailings from the Kitsault Mine into Alice Arm, British Columbia under prescribed conditions. AMAX reopened the Kitsault Mine in April 1981, but the mine closed in November 1982 for an indefinite period.

2.9 Review of Regulations

Environment Canada periodically undertakes reviews of its regulations and guidelines. In 1982 the department convened a technical advisory committee and supporting working groups to assess the state of the technology for control of effluent from gold mines and to review the existing controls on radionuclides from uranium mines. The committee and its working groups consist of representatives of industry and federal and provincial government agencies. A notice to this effect was published in Part I of the Canada Gazette on June 12, 1982.

The Metal Mining Liquid Effluent Regulations and Guidelines do not apply to gold mines using cyanidation. At the time the regulations were developed, no technology on which to base regulations had been demonstrated for the treatment of cyanide-containing effluents. The Gold Mining Working Group is also developing recommendations for standard analytical methods. The analysis of cyanide is complicated, particularly in measuring low concentrations of various cyanide species.

In the case of uranium mines, dissolved radium-226 is the only radioactive parameter prescribed in the Metal Mining Liquid Effluent Regulations and Guidelines. Additional data has been obtained in recent years for total radium-226 and other radionuclides in uranium mine effluents. The committee and the Uranium Mining Working Group assessed the effectiveness of current treatment systems and the concentrations of radionuclides (i.e., lead-210, polonium-210, thorium-230, thorium-232, radium-226, and uranium) released. Since no evidence exists to indicate that effluents from uranium mines that meet the standards prescribed in the current regulations have significant deleterious effects on fish, fish habitat or man's use of fish, Environment Canada concluded that there was no need to revise the current radionuclide standard for <u>dissolved</u> radium, or to add additional standards for other radionuclides.

Environment Canada will support the Atomic Energy Control Board in developing a standard for <u>total</u> radium-226 for uranium mines under the Atomic Energy Control Act, which is not restricted to fish related impacts. This standard is to be included in the Mining Facility Operating Licences issued to the uranium mining companies.

3 COMPLIANCE DATA

3.1 Data Collection

The data used in the generation of this report were acquired principally through cooperative arrangements between the federal and provincial agencies. The data were consolidated from several sources. Samples collected and analysed by the mining companies and reported to provincial and federal agencies were the primary source. The frequency with which these analyses were performed and reported depends on the requirements of the regulatory agencies. Also included are the results of independent monitoring and analyses performed periodically by the government agencies.

3.2 National Summary

The list below summarizes the number of mines that exceeded the various parameters of the regulations and guidelines in 1982. A single mine may have exceeded more than one parameter and be included more than once in the list.

	Number of Mines Exceeding Authorized Levels in 1982	
Parameter Exceeded	Mines under Regulations	Mines under Guidelines
Arsenic	0	2
Copper	3	8
Lead	0	7
Nickel	0	4
Zinc	3	22
Total Suspended Matter	3	16
pH	1	4
Radium-226	0	1

These statistics are based on data that vary widely in frequency from mine to mine. A mine that exceeds the monthly average limits during any one month in 1982 is considered not to meet the requirements. Some mines may only occasionally exceed the monthly limit, but still meet the requirements for most of the year.

Table 2 summarizes the status and frequency of compliance in 1982 for the 20 mining operations subject to the Metal Mining Liquid Effluent Regulations. Of these

TABLE 2 SUMMARY OF COMPLIANCE FOR NEW, EXPANDED AND REOPENED MINES SUBJECT TO THE REGULATIONS IN 1982

Name, Province	Status	Frequency of Compliance 1982	Comments
1 Afton Mines (Teck Corp), B.C.	New mine, 1978	100%	No surface effluent
2 Equity Silver (Placer Development), B.C.	New mine, 1980	Out of compliance January to May, in compliance June; occasionally exceeded daily limits from July to September; in compliance October to December	Acid surface drainage did not comply with MMLER until treatment started in mid 1982; Acid drainage exceeded limits for Cu, Zn, pH, and occasionally TSM
3 Erickson Gold, B.C.	New mine, 1980	100%	No surface effluent
4 Highmont (Teck Corp), B.C.	New mine, 1980	100%	No surface effluent
5 Kitsault (Amax), B.C.	Expanded and reopened mine, 1981	Substantially 100%	Complied with Alice Arm Tailings Deposit Regulations; MMLER not applicable
6 Lornex (Rio Algom), B.C.	Expanded mine, 1981	100%	No surface effluent
7 Ruth Vermont, B.C.	Reopened mine, 1981	In compliance on date sampled	Limited data (operations suspended 1982)
8 Tauras, B.C.	New mine, 1981	100%	No surface effluent
9 Polaris (Cominco), N.W.T.	New mine, 1982	100%	Discharges only during summer
10 Amok, Saskatchewan	New mine, 1980	100%	
11 Trout Lake Mine (HBMS), Manitoba	New mine November, 1982	Not in compliance for zinc and TSM	
12 Spruce Point Mine (HBMS), Manitoba	New mine, 1982	In compliance 11 out of 12 months	Exceeded zinc, copper, TSM in September
13 Snow Lake Mill (HBMS), Manitoba	New mill 1979	100%	Discharged May to July and Oct. and Nov. in 1982
14 Denison, Ontario	Expanded mine, 1982	100%	
15 Panel Mine (Rio Algom), Ontario	Reopened mine, 1979	100%	
16 Quirke Mine (Rio Algom), Ontario	Expanded mine 1978	100%	
17 Agnew Lake (Kerr Addison), Ontario	New mine, 1977	100%	Permanently closed 1983
18 Selbaie (Selco), Quebec	New mine, 1981	100%	
19 Corbet Mine (Lac Dufault Division of Corp. Falconbridge Copper), Quebec	New mine, 1981	In compliance on dates sampled	Limited data from two EPS surveys
20 Cooke Mine (Opemiska Division of Corp. Falconbridge Copper), Quebec	New mine, 1977	In compliance on dates sampled	Intermittent effluent; No effluent at time of two EPS surveys.

20 operations, 3 were not in compliance for at least part of 1982. Of the 113 operations subject to the Metal Mining Effluent Guidelines, 71 met the requirements throughout 1982, although effluent data were limited in some cases.

3.3 Data for Individual Mines

Tables 3 to 11 list by province and territory all the mines to which the Metal Mining Regulations and Guidelines applied in 1982. During 1982 no metal mines were operating in Alberta, Nova Scotia, or Prince Edward Island.

Column 1 of the tables lists the names of the mines, the name of the company and the approximate location. Company names have been abbreviated by omitting such words as "Mines", "Corporation", "Limited", etc. Parent or managing company names are also given.

Column 2 lists:

(a) the metals produced (by-products in brackets),

(b) the rated capacity of the mill in tonnes of ore per day (tpd), or in the case of mines that ship ore to a mill at another location, the average amount of ore produced by the mine, and

(c) the method of mining (underground or open pit).

Column 3 describes the treatment facilities that the mine uses for water pollution control. Column 4 gives data for annual average quality of liquid effluents (or typical data where limited data are available). Column 5 indicates whether or not a mine generally meets the requirements of the regulations or guidelines, and the results of any toxicity tests conducted.

The effluent from any one mining operation does not necessarily contain measurable concentrations of all the metal parameters prescribed in the regulations and guidelines. Metals commonly occur in ore as insoluble minerals. In the absence of acid mine water, only low concentrations of metals would be expected to occur in the effluent.

To simplify the presentation of data in this report, metal concentrations less than 0.01 milligrams per litre (mg/L) are not reported in the tables. The letter "L" indicates that the analysis has been done, but that the concentration is <u>less</u> than 0.01 mg/L for that particular parameter, or in a few cases, <u>less</u> than the detectable limit of the particular analytical procedure. Such concentrations are far below the allowable limits of the regulations and guidelines. Total suspended matter (TSM) concentrations less than 5 mg/L are simply shown as "L". In some cases there are no 1982 data for a

particular parameter. The regulatory agency may not have required the company to provide 1982 data on some parameters because historical data have shown the parameter was not of concern (i.e., the effluent was consistently well within the limits for that parameter). This accounts for blank spaces in the data for some of the mines.

As the frequency of monitoring varies considerably from mine to mine, the data summary in column 4 of the tables provides only a general view of the effluent quality. In some cases the figures in column 4 represent the average of extensive data, while in other cases they represent the average of a small number of samples. The data for Quebec are primarily based on two surveys conducted by Environment Canada in the summer and fall of 1982 when grab samples of effluent were taken.

The comments in column 5 of Tables 3 to 11 are general observations based on an examination of the effluent data and other information available to Environment Canada. Column 5 indicates whether the mine is subject to the regulations or to the guidelines and whether the mine has complied with the legislation. In the case of mines that are subject to the regulations, column 5 indicates the date on which the mine opened, expanded, or reopened.

Column 4, in most cases, provides annual averages of effluent quality. However, the regulations and the guidelines specify limits in terms of (i) monthly averages, (ii) daily composites, and (iii) grab samples. Environment Canada regards the monthly average as the most important target when reviewing a mine's effluent records. The comment in column 5 is based on an examination of all the data available to Environment Canada and not on the average of data shown in column 4. For example, the annual average of zinc in a particular effluent might be 0.4 mg/L which is below the allowable 0.5 mg/L monthly average for zinc. However, the effluent may have exceeded the 0.5 mg/L during a few months, but still maintained an annual average below 0.5 mg/L. Column 5 will therefore indicate "occasionally above zinc guideline". The results of any toxicity tests conducted in 1982 are also provided in Column 5.

3.4 Compliance Activities

Environment Canada and other government agencies conduct biological studies, receiving water investigations, and effluent audits. Discussions between government and mining companies are important in resolving the technical and scientific problems that may arise. However, prosecutions are sometimes used as part of the government's efforts to obtain compliance.

Equity Silver Mines Limited was prosecuted for not meeting the prescribed limits in the regulations. The company pleaded guilty to violations on three days in April, 1982 and was fined $12 000. In passing sentence the judge observed that the company had spent over $1.3 million in 1982 on the acid mine water problem and was continuing to make further substantial expenditures.

Carolin Mines Limited, a gold mine near Hope, B.C., was convicted and fined $135 000 on nine counts under the Fisheries Act for depositing toxic effluent that killed fish. An appeal of the conviction was heard in May, 1985, but a judgement has not been rendered. Although Carolin Mines was not subject to either the regulations or the guidelines, they were still subject to the general provisions of subsection 33(2) of the Fisheries Act. Carolin Mines commenced milling operations in early 1982. However, the treatment facilities for the destruction of cyanide were inadequate. In late March and early April 1982 spring runoff forced the company to release untreated effluent from their tailings pond. Since that time Carolin Mines has done extensive work to treat its effluent. In 1984 the company temporarily discontinued cyanidation. Milling operations were suspended in November, 1984.

The Manitoba Clean Environment Commission imposes the requirements of the Metal Mining Liquid Effluent Regulations and Guidelines by orders issued under the Manitoba Clean Environment Act. Hudson Bay Mining and Smelting Company Limited was prosecuted for exceeding the limits for zinc and total suspended matter specified in the order of the commission issued for the Centennial Mine in late 1982. The company was fined $1 000 on each of three counts on March 16, 1984.

TABLE 3 TREATMENT FACILITIES AND LIQUID EFFLUENT QUALITY FOR METAL MINES IN BRITISH COLUMBIA IN 1982

Mine (Company), Location	Products (By-products), Rated Milling Capacity, Mining method	Treatment Facilities	1982 Average Quality of Liquid Effluent Metals and TSM in mg/L As Cu Ni Pb Zn TSM pH	Comments on Regulations or Guidelines
1. Afton Mines (Teck Corp), Kamloops	Copper 7600 tpd open pit	Tailings pond with recycle	No surface effluent	New mine 1978; Complied with regulations; Operations suspended June 1982
2. Beaverdell (Teck Corp), Kelowna	Silver (lead, zinc, gold) 110 tpd underground	Tailings pond with exfiltration to groundwater	No surface effluent	Met guidelines
3. Bell Copper (Noranda), Babine Lake	Copper 15 500 tpd open pit	Tailings pond with partial recycle, mine water limed	No surface effluent before Oct. 82 L 0.06 L L L L 7.7 (Oct - Dec. 82)	Met guidelines; Passed 4/4 toxicity tests; Operations suspended October 1982
4. Bethlehem Copper (Cominco), Ashcroft	Copper (molybdenum) 18 000 tpd open pit	Tailings pond with recycle	No surface effluent	Met guidelines
5. Boss Mtn (Noranda), Hendrik Lake	Molybdenum 1550 tpd underground	Tailings pond with partial recycle, plus polishing pond	0.02 16 7.1	Met guidelines; Passed 3/3 toxicity tests
6. Brenda (Noranda), Peachland	Molybdenum copper 27 000 tpd open pit	Tailings pond with recycle	No surface effluent	Met guidelines
7. Craigmont (Placer Development), Merritt	Copper, iron 5300 tpd open pit and underground	Tailings pond with recycle	No surface effluent	Met guidelines; Permanently closed November 1982
8. Dankoe, Keremeos	Silver, lead zinc, (gold) 400 tpd underground	Tailings pond with exfiltration to groundwater	No surface effluent	Met guidelines; Mining operation suspended 1981, custom milling 1982
9. David Minerals, Ainsworth	Silver, lead, zinc (gold) 135 tpd underground	None	Tailings deposited directly into Kootenay Lake 9.1	Did not meet guidelines
10. Endako (Placer Development), Endako	Molybdenum 27 000 tpd Open pit	Tailings pond with recycle	Limited seepage effluent from tailings ponds Pond No. 1 L L L L L 5 7.3	Met guidelines
			Pond No. 2 L L L L L 5 7.5	Met guidelines
11. Equity Silver (Placer Development), Houston	Silver, copper (gold, antimony) 4500 tpd open pit	Tailings pond with recycle	No surface effluent	New mine 1980; Tailings pond complied with regulations
		Collection of acid drainage from wasterock started mid 1982	Typical Surface Drainage Before Collection Installed 0.4 4 0.1 0.01 3 200 3.5 Typical Surface Drainage After Collection Installed L 0.2 L L 0.3 20 7.5 Note: Data has wide range of values due to start up of collection facilities; therefore average data are not given.	Acidic surface drainage did not comply with regulations until collection started mid 1982; Failed 9/10 toxicity tests
12. Erickson Gold, Cassiar	Gold as bulk sulphide conc. 270 tpd underground	Tailings pond with recycle	No surface effluent	New mine 1980; Complied with regulations
13. Gibralter (Placer Development), McLeese Lake	Copper (molybdenum) 37 000 tpd open pit	Tailings pond with recycle, seepage pond with partial recycle	Limited surface effluent, Intermittent seepage pond overflow, Intermittent pit dewatering well water,	Met guidelines; Operations suspended July 1982
14. Granisle (Noranda), Babine Lake	Copper 12 700 tpd open pit	Tailings pond with recycle	No surface effluent	Met guidelines

TABLE 3 (Cont'd)

Mine (Company), Location	Products (By-products), Rated Milling Capacity, Mining method	Treatment Facilities	1982 Average Quality of Liquid Effluent Metals and TSM in mg/L As Cu Ni Pb Zn TSM pH	Comments on Regulations or Guidelines
15. Granduc (Canada Wide Mines, Esso Minerals), Stewart	Copper 3600 tpd Underground	none	Tailings deposited directly into glacial stream 35 km above Bowser Lake	Does not meet guidelines, Passed 1/1 toxicity test Closed April 1984
16. Highmont (Teck Corp), Logan Lake	Copper (molybdenum) 22 700 tpd open pit	Tailings pond with recycle	No surface effluent	New mine 1980; Complied with regulations
17. Island Copper (Utah), Port Hardy	Copper (molybdenum) 39 000 tpd open pit	Tailings are thickened before marine disposal, partial recycle	Tailings deposited directly into Rupert Inlet	Did not meet guidelines
18. Kitsault (AMAX of Canada), Kitsault	Molybdenum 10 900 tpd open pit	Submerged tailings outfall	Tailings deposited directly into Alice Arm, Deposit of tailings authorized by Alice Arm Tailings Deposit Regulations	Expanded and reopened mine 1981; Substantially in compliance with A.A.T.D. regulations; Passed 10/11 toxicity tests
19. Lornex (Rio Algom), LoganLake	Copper (molybdenum) 73 000 tpd open pit	Tailings pond with recycle	No surface effluent	Expanded mine 1981; Complied with regulations
20. Northair, Squamish	Gold, silver lead, zinc 300 tpd underground	Tailings pond with partial recycle, alkaline chlorination for cyanide destruction, settling ponds for mine water	Tailings Pond L 0.09 L 0.03 0.03 9.4 Mine Water 0.01 L 0.05 0.1 7.8 (limited data due to suspension of operations)	Met guidelines; Operations suspended June 1982
21. Ruth Vermont, Golden	Silver, lead, zinc 450 tpd underground	Tailings pond with partial recycle	L 0.02 L L 0.04 L 8.3 (limited data due to suspension of operations)	Reopened 1981; Complied with regulations; Operations suspended 1982
22. Silvana (Dickenson), New Denver	Silver, lead, zinc 120 tpd underground	Tailings pond with exfiltration to groundwater	0.2 0.1 0.7 40 7.4 occasional surface discharge	Above guideline for zinc frequently, copper and TSM occasionally
23. Similkameen (Newmont), Princeton	Copper 18 000 tpd open pit	Tailings pond with recycle	No surface effluent	Met guidelines
24. Sullivan (Cominco), Kimberley	Lead, zinc (silver, cadmium tin, antimony) 5800 tpd underground	Tailings ponds, settling ponds, acid mine water treatment plant, sludge disposal pond	Treatment Plant Effluent L 0.04 0.09 0.2 17 9.0	Met guidelines
25. Taurus (United Hearne Res), Cassiar	Gold as bulk sulphide conc. 135 tpd underground	Tailings pond and settling pond with recycle	No surface effluent	New mine 1981; Complied with regulations
26. Wesfrob (Falconbridge), Tasu, Queen Charlotte Isl.	Copper, iron 5400 tpd underground	None	Tailings deposited directly into Tasu Sound	Does not meet guidelines; Closed November, 1983
27. Westmin Resources, Campbell River	Copper, lead, zinc (silver, gold) 850 tpd underground	Alkaline chlorination for cyanide destruction, acid mine water treatment, subaerial tailings pond in 1984	Fine tailings deposited directly to Buttle Lake until July 1984, coarse tailings used as backfill Myra Treatment Pond L 0.03 L L 0.30 8 9.4 Lynx Treatment Pond L 0.15 L L 0.30 12 10.7	Tailings disposal did not meet guidelines in 1982 (see Section 4.3) Ponds' effluents substantially met guidelines; Myra passed 2/2 toxicity tests; Lynx failed 12/14 toxicity tests

tpd = tonnes per day of ore
L = less than 0.01 mg/L for metals or less than 5 mg/L for total suspended matter

TABLE 4 TREATMENT FACILITIES AND LIQUID EFFLUENT QUALITY FOR METAL MINES IN YUKON IN 1982

Mine (Company), Location	Products (By-products), Rated Milling Capacity, Mining method	Treatment Facilities	1982 Average Quality of Liquid Effluent							Comments on Regulations or Guidelines
			Metals and TSM in mg/L							
			As	Cu	Ni	Pb	Zn	TSM	pH	
1. Cyprus Anvil (Dome Petrolem), Faro	Lead, zinc (silver) 9000 tpd open pit	Tailings pond		0.02		0.2	0.3	110	8.3	Occasionally above guidelines for lead, zinc and TSM; Passed 5/8 toxicity tests; suspended operations July 1982
2. United Keno Hill (Falconbridge), Elsa	Silver, lead zinc (cadmium) 400 tpd underground open pit	tailings pond, alkaline chlorination		0.1		0.03	0.4	12	8.1	Occasionally above guideline for zinc; Passed 10/11 toxicity tests; suspended operations July 1982
3. Whitehorse Copper (Hudson Bay (M&S), Whitehorse	Copper 1800 tpd underground recycle	Tailings pond with exfiltration and partial	No surface discharge							Met guidelines; permanently closed Dec. 1982

tpd = tonnes per day of ore
L = Less than 0.01 mg/L for metals or Less than 5 mg/L for TSM.

TABLE 5 TREATMENT FACILITIES AND LIQUID EFFLUENT QUALITY FOR METAL MINES IN NORTHWEST TERRITORIES IN 1982

Mine (Company), Location	Products (By-products), Rated Milling Capacity, Mining method	Treatment Facilities	1982 Average Quality of Liquid Effluent							Comments on Regulations or Guidelines
			Metals and TSM in mg/L							
			As	Cu	Ni	Pb	Zn	TSM	pH	
1. Canada Tungsten (AMAX), Tungsten	Tungsten (copper) 900 tpd underground	Tailings pond with exfiltration	no surface effluent							Met guidelines
2. Echo Bay, Port Radium Great Bear Lake	Silver, copper 110 tpd underground	Tailings pond, $BaCl_2$ treatment for Ra-226 removal	0.1	0.02	0.2	0.1	0.05	L	7.9	Occasionally above lead guideline; Failed 1/1 toxicity test; Mining ended Nov. 81, Milling ended Mar. 82
			Ra 226 14 pCi/L.							
3. Nanisivik (Mineral Resources International), Baffin Island	Lead, zinc 1800 tpd underground	Tailings pond, with partial recycle		L		L	0.06	L	10.7	Met guidelines
			Discharges only during summer							
4. Pine Point (Cominco), Pine Point	Lead, zinc 9000 tpd open pit	Tailings pond with lime addition		0.1		0.05	0.3	L	10.0	Met guidelines
			Discharges only five months a year (May to October)							
5. Polaris (Cominco), Little Cornwallis Island	Lead, zinc 2275 tpd underground	Tailings thickener before disposal to tailings pond		L		L	0.02	L		Complied with regulations
			Discharges only during summer							
6. Terra, Camsell River	Silver, copper (bismuth) 180 tpd underground	Tailings pond	0.1	L	0.02	0.01	0.01	7	7.4	Met guidelines
			Discharges only six months a year							

tpd = tonnes per day of ore
L = Less than 0.01 mg/L for metals or Less than 5 mg/L for TSM.

TABLE 6 TREATMENT FACILITIES AND LIQUID EFFLUENT QUALITY FOR METAL MINES IN SASKATCHEWAN IN 1982

Mine (Company), Location	Products (By-products), Rated Milling Capacity, Mining method	Treatment Facilities	1982 Average Quality of Liquid Effluent Metals and TSM in mg/L As Cu Ni Pb Zn TSM pH	Comments on Regulations or Guidelines
1. Cluff Lake (Amok)	Uranium 1 800 000 kg U_3O_8 per year open pit	Tailings pond, $BaCl_2$ treatment, settling and filtration for Ra-226 removal*	Secondary Treatment L L 0.03 0.03 0.04 10 7.1 Total Ra-226: 5.5 pCi/L	Complied with regulations**
2. Eldor (Eldorado Nuclear), Rabbit Lake	Uranium 1800 tpd mill (2 000 000 kg U_3O_8 per year) open pit	Tailings pond, $BaCl_2$ treatment, settling and partial filtration for Ra-226 removal*	Precipitation pond L 0.03 0.3 0.2 0.02 7 7.7 Dissolved Ra-226: 2.7 pCi/L Total Ra-226: 9.7 pCi/L	Occasionally above guidelines for lead, and radium-226
			Airport Road Drainage L L L 0.02 0.03 29 8.4 Dissolved Ra-226: 9.6 pCi/L	Occasionally above guidelines for Ra-226 and TSM
3. Beaverlodge (Eldorado Nuclear), Uranium City	Uranium 2000 tpd mill (650 000 kg U_3O_8 per year) underground	Tailings pond, $BaCl_2$ treatment for Ra-226 removal*	Meadow Lake outflow L 0.02 L L L 6 8.4 Total Ra-226: 6.1 pCi/L	Met guidelines**; operation ceased June 1982

tpd = tonnes per day of ore
L = Less than 0.01 mg/L for metals or
Less than 5 mg/L for TSM.

* The $BaCl_2$ treatment of uranium mine effluent ordinarily includes lime addition unless the effluent is already sufficiently alkaline.

** Monitoring for radium-226 at Cluff Lake and Beaverlodge is given as total radium-226 rather than dissolved radium-226 as specified in the guidelines. When total radium-226 exceeds 10 pCi/L, the dissolved radium-226 may or may not exceed 10 pCi/L. In November 1982 the Cluff Lake monthly average for total radium-226 was 15.7 pCi/L. In May 1982 the Beaverlodge monthly average for total radium-226 was 16.2 pCi/L.

TABLE 7 TREATMENT FACILITIES AND LIQUID EFFLUENT QUALITY FOR METAL MINES IN MANITOBA IN 1982

Mine (Company), Location	Products (By-products), Rated Milling Capacity, Mining method	Treatment Facilities	1982 Average Quality of Liquid Effluent Metals and TSM in mg/L As	Cu	Ni	Pb	Zn	TSM	pH	Comments on Regulations or Guidelines
1. Hudson Bay Mining & Smelting, Flin Flon Mill	Copper, zinc (gold, silver) 7700 tpd mill	Tailings pond with lime addition	L	0.05	L	L	0.4	6	10.3	Occasionally above zinc guideline
HBMS Mines providing ore to Flin Flon Mill (All underground)										
(a) Flin Flon Mine	2270 tpd	Effluent to mill tailings pond								
(b) White Lake Mine	450 tpd	Sedimentation in underground sump	L	0.1	L	0.03	0.64	16	8.3	Occasionally above zinc and TSM guidelines; closed Dec 1982
(c) Westarm Mine	680 tpd	Settling pond for mine water	L Oct.-Dec. discharge only	L	L	L	0.6	13	7.6	Occasionally above zinc guideline
(d) Centennial Mine	800 tpd	Sedimentation in underground sump	0.04	0.4	L	0.04	2.4	71	7.7	Above guidelines for zinc and TSM; occasionally for copper
(e) Trout Lake Mine	1625 tpd	Sedimentation in surface sump with partial recycle	L Dec. 82 data only	0.3	L	L	1.0	240	8.4	New mine late 1982; Exceeded zinc and TSM limits in regulations
(f) Spruce Point	636 tpd	Sedimentation in underground sump	0.03	1.24	0.02	0.02	4.2	168	7.9	New mine 1982; exceeded copper, zinc and TSM regulations limits
2. Hudson Bay Mining & Smelting, Snow Lake Mill	copper, zinc, lead (gold, silver) 3450 tpd mill	Tailings pond with partial recycle	L	L	L	L	L	5	7.1	New mill 1979; Complied with Regulations
HBMS Mines providing ore to Snow Lake Mill (All underground)										
(a) Stall Lake	Copper (gold, silver) 1100 tpd	Effluent to tailings pond (above)								
(b) Ghost Lake	Zinc (gold, silver) 135 tpd	Sedimentation in underground sumps	0.01	0.05	L	0.05	5.4	9	7.6	Above guidelines for zinc
(c) Chisel Lake	Zinc, lead (gold, silver) 725 tpd	Sedimentation in underground sumps	0.01	2.1	0.17	0.1	94	46	7.6	Above guideline for zinc, and sometimes for copper and TSM
(d) Osborne Lake	Copper, Zinc (gold, silver) 725 tpd	Sedimentation in underground sumps	L	0.2	L	L	3.4	23	7.6	Above guideline for zinc, occasionally for TSM
(e) Anderson Lake	Copper (gold, silver) 770 tpd	Effluent to tailings pond (above)								
3. INCO, Thompson	Nickel, copper (gold, silver, cobalt) 18 000 tpd mill	Tailings pond	L	0.01	0.08	L	0.02	L	7.5	Met guidelines
INCO mines providing ore to Thompson Mill										
(a) Thompson Mine	5900 tpd underground	Thompson Lake Treatment pond	0.01 (Treats effluent from several sources including the refinery, and mine water from T-3 shaft)	0.02	1.2		0.03	9	7.5	Above nickel guideline due to refinery effluent
(b) Pipe Mine No. 2	5500 tpd open pit	Sedimentation in underground sumps	L	0.04	0.14	0.02	0.03	26	7.3	Occasionally above guideline for TSM

TABLE 7 (Cont'd)

Mine (Company), Location	Products (By-products), Rated Milling Capacity, Mining method	Treatment Facilities	1982 Average Quality of Liquid Effluent — Metals and TSM in mg/L As	Cu	Ni	Pb	Zn	TSM	pH	Comments on Regulations or Guidelines
4. Fox Mine (Sherritt Gordon), Lynn Lake	Copper, zinc 2700 tpd underground	Tailings pond, lime addition and settling pond	L	0.03	L	0.05	0.3	L	7.5	Occasionally above zinc guideline
5. Ruttan Mine (Sherritt Gordon), Leaf Rapids	Copper, zinc 9000 tpd open pit	Tailings pond, lime addition, settling pond and partial recycle	L	0.02	L	0.04	0.2	L	7.2	Met guidelines
6. Tantalum Mining Corp, Bernic Lake	Tantalum 900 tpd underground	Tailings pond with lime and flocculant addition	L	0.02	L		0.02	30	7.4	Occasionally above TSM guideline; Mining and milling suspended 1982

tpd = tonnes per day of ore
L = Less than 0.01 mg/L for metals or
Less than 5 mg/L for TSM.

TABLE 8 TREATMENT FACILITIES AND LIQUID EFFLUENT QUALITY FOR METAL MINES IN ONTARIO IN 1982

Mine (Company), Location	Products (By-products), Rated Milling Capacity, Mining method	Treatment Facilities	1982 Average Quality of Liquid Effluent — Metals and TSM in mg/L: As	Cu	Ni	Pb	Zn	TSM	pH	Comments on Regulations or Guidelines
1. Inco, Sudbury	Nickel, copper (cobalt, silver gold, platinum) all underground	Copper Cliff Creek Treatment Plant. These facilities treat effluent from the various operations listed below in column 1. Solid tailings are removed in tailings ponds and dissolved metal are removed by a treatment plant. Approximately 90% of the effluent is recycled. (see page 32)			0.5			8	9.8	Sometimes above guideline for nickel
Frood - Stobie Mill	16 300 tpd									
Frood Mine	6800 tpd									
Stobie Mine	9000 tpd									
Little Stobie Mine	2700 tpd									
Clarabelle Mill	32 000 tpd									
Copper Cliff South Mine	3200 tpd									
Levack Mine	4100 tpd									
Garson Mine	4000 tpd									
Creighton Mine	6800 tpd									
McCreedy West Mine	3600 tpd									
Copper Cliff Mill	(used for separating bulk copper-nickel concentrates produced by Clarabelle & Frood - Stobie mills)									
Inco, Sudbury, Levack Mine and McCreedy West Mine	Nickel, Copper (cobalt, silver gold, platinum) (ore shipped to Clarabelle Mill)	Levack Tailings Area. Mine water to old tailings area, pH adjustment			2.2			9	9.3	Above guideline for nickel
Nolin Creek Treatment Plant		Nolin Creek Treatment Plant pH adjustment; metal removal			0.3			9	11.7	Met guidelines
Garson Mine	Ore shipped to Clarabelle Mill	Mine water treated			0.8			8	9.7	Above guideline for nickel
Coleman Mine	(Standby)	Coleman mine effluent recycled to Strathcona Mill of Falconbridge Ltd.								
Crean Hill Mine	(Standby)	Mine water treated			0.2			L	8.9	Met guidelines
2. Falconbridge, Sudbury	Nickel, copper (cobalt, silver gold, platinum) 2700 tpd underground	Final effluent from property. Solid tailings are settled in tailings pond, dissolved metals are removed by a treatment plant and a large settling basin downstream before final discharge. While the wastewater treatment system effluent was 0.4 mg/L Ni, contaminated areas downstream resulted in the higher nickel concentration in the final effluent shown above.		0.07	1.0			7.5		Above guideline for nickel
Falconbridge Mill and Falconbridge Mine East										
Strathcona Mill	8200 tpd underground	Moose Lake Treatment System. Treats effluent from operations listed in column 1. Solid tailings are settled in tailings pond and dissolved metals are removed by a treatment plant.		0.06	0.8			L	6.7	Above guideline for nickel
Strathcona Mine										
Fraser Mine										
Fecunus Mine										
Inco-Coleman Mine										
Lockerby Mine	(ore to Strathcona Mill)	Mine water treatment pond			0.2			5	8.3	Met guidelines
3. Adams (Dofasco), Kirkland Lake	Iron ore 2900 tpd pellets open pit	Tailings pond with partial recycle	L	0.01	L		0.03	12	7.5	Met guidelines
4. Griffith (Stelco), Red Lake	Iron ore 3900 tpd pellets open pit	Tailings pond with partial recycle. Tailings Effluent		L	0.01	0.01	0.01	8	7.7	Met guidelines
		Mine Water Effluent		L	0.03	L	0.01	L	7.7	Met guidelines
5. Sherman (Dofasco), Temagami	Iron ore 2850 tpd pellets open pit	Tailings pond with partial recycle	L	L	0.1	L	L	L	7.6	Met guidelines (sampled once)

TABLE 8 (Cont'd)

Mine (Company), Location	Products (By-products), Rated Milling Capacity, Mining method	Treatment Facilities*	1982 Average Quality of Liquid Effluent Metals and TSM in mg/L As	Cu	Ni	Pb	Zn	TSM	pH	Comments on Regulations or Guidelines
6. Algoma Ore Division (Algoma Steel), Wawa	Iron ore 5400 tpd sinter underground	Tailings pond, neutralization of mine water		0.01	0.02	0.08	0.02	L	7.7	Met guidelines
7. Denison, Elliot Lake	Uranium 13 500 tpd underground	Tailings pond, $BaCl_2$ treatment for precipitation of Ra-226 in ponds	Long Lake Tailings Management Area L	0.08		0.02	L	L	8.8	Met regulations; Expanded mine 1981
			Dissolved Ra-226: 3.2 pCi/L Total Ra-226: 39 pCi/L							
		$BaCl_2$ treatment for precipitation of Ra-226	Stanrock (Mine closed but treatment system operating for inactive tailings) 0.01	L		0.01	0.01	L	9.6	Met guidelines
			Total Ra-226: 2.9 pCi/L							
		$BaCl_2$ treatment for precipitation of Ra-226	Williams Lake (Inactive tailings but treatment system operating) L	L		L	L	L	9.4	Met guidelines
			Dissolved Ra-226: 6.3 pCi/L							
8. Rio Algom, Elliot Lake	Uranium									
(a) Quirke Mine	4500 tpd underground	Tailings ponds, $BaCl_2$ treatment for precipitation of Ra-226 in ponds	Quirke Management Area 0.01	0.04		0.03	0.02	5	8.1	Met regulations; Expanded mine 1978
			Dissolved Ra-226: 3.3 pCi/L Total Ra-226: 50 pCi/L							
(b) Panel Mine	3000 tpd underground	Tailings ponds, $BaCl_2$ treatment for Ra-226 removal in precipitation ponds	Panel Management Area 0.01	0.02		0.02	0.02	L	8.9	Met regulations; Reopened mine 1979
			Dissolved Ra-226: 3.2 pCi/L Total Ra-226: 16.2 pCi/L							
(c) Stanleigh	(Inactive uranium tailings)	Tailings pond, $BaCl_2$ treatment for Ra-226 removal	Stanleigh Management Area Dissolved Ra-226: 7.6 pCi/L					11	7.5	Met guidelines in 1982, Reopened mine 1983, (see discussion page 34)
			Total Ra-226: 10.6 pCi/L							
(d) Nordic and Lacnor	(Inactive uranium tailings)	$BaCl_2$ treatment for Ra-226 precipitation	North Nordic Lake Effluent (Mine closed but treatment system operating) 0.01	0.02		0.01	L	8.0	Met guidelines	
			Total Ra-226: 2.3 pCi/L							
(e) Pronto	(Inactive uranium tailings)	$BaCl_2$ treatment for precipitation of Ra-226	Pronto (Inactive tailings but treatment system operating) 0.02	L		0.01	0.01	L	6.8	Met guidelines
			Dissolved Ra-226: 1.6 pCi/L Total Ra-226: 2.7 pCi/L							
9. Agnew Lake, (Kerr Addison) Espanola	Uranium 65 000 kg U_3O_8 in 1982 underground	Settling pond for precipitation of residue from leaching operation	Precipitation Pond (1982 Spring Discharge) Dissolved Ra-226: 4.8 pCi/L					5	7.7	Met guidelines; permanently closed in 1983
			Total Ra-226: 15.3 pCi/L							
10. Madawaska Mines, Bancroft	Uranium 1350 tpd underground	Tailings pond, $BaCl_2$ treatment for Ra-226 removal	Effluent Treatment Facility Total Ra-226: 3 pCi/L						6.5	Met guidelines; permanently closed in June 1982
11. Mattabi (Noranda), Ignace	Zinc, copper, lead (silver, gold) 2700 tpd underground	Tailings pond, treatment pond, treatment plant, partial recycle	Tailings Effluent L	L	L	L	1.3	5	9.5	Above guideline for zinc
			Treatment Plant L	L	L	L	0.4	L	2	Met guidelines; passed 2/2 toxicity tests
12. Geco (Noranda), Manitouwadge	Copper, zinc, lead (silver) 4100 tpd underground	Tailings pond with partial recycle, acid minewater treatment plant	Tailings Effluent 0.1				0.4		9.1	Met guidelines; failed 4/4 toxicity tests
13. Kidd Creek, Timmins	Zinc, copper, lead (silver, cadmium) 12 250 tpd underground	Tailing pond, pH adjustment, metal precipitation, partial recycle	Tailings Effluent L	L		L	0.2	L	8.4	Met guidelines
			Minewater L				0.7		10.2	Above guideline for zinc occasionally

* The $BaCl_2$ treatment of uranium mine effluents includes lime addition.

TABLE 8 (Cont'd)

Mine (Company), Location	Products (By-products), Rated Milling Capacity, Mining method	Treatment Facilities	1982 Average Quality of Liquid Effluent Metals and TSM in mg/L As	Cu	Ni	Pb	Zn	TSM	pH	Comments on Regulations or Guidelines
14. Thierry (UMEX), Pickle Lake	Copper 3600 tpd underground	Tailings pond with partial recycle	Tailings Effluent (1980 Data)	0.003	0.18		0.03	L	7.5	Met guidelines; Ceased operation April 1982
15. Shebandowan (INCO), Shebandowan	Copper, nickel 1800 tpd underground	Tailings pond with partial recycle	Tailings Effluent	L	0.07	L	L		7.3	Met guidelines
16. Chromasco, Haley Station	Magnesium (calcium, strontium) 450 tpd open pit	Aeration pond	1980 Data					15	8.9	Met guidelines; (Dolomite ore does not contain regulated metals)
17. Silverfields (Teck Corp), Cobalt	Silver 225 tpd underground	Tailings pond (Cart Lake Basin)	0.8	L	L	L	L	L	7.5	Above guideline for arsenic
			Two samples only							
18. Silver Division (Agnico-Eagle) Cobalt	Silver, cobalt 270 tpd underground	Tailings pond (Glen Lake Basin)	0.9	0.2	L	L	L	L	7.7	Above guideline for arsenic

tpd = tonnes per day of ore
L = Less than 0.01 mg/L for metals or
Less than 5 mg/L for TSM.

TABLE 9 TREATMENT FACILITIES AND LIQUID EFFLUENT QUALITY FOR METAL MINES IN QUEBEC IN 1982

Mine (Company), Location	Products (By-products), Rated Milling Capacity, Mining method	Treatment Facilities	Limited 1982 Data on Quality of Liquid Effluent Metals and TSM in mg/L As Cu Ni Pb Zn TSM pH	Comments on Regulations or Guidelines
1. Mill and Pellet Plant (Iron Ore Co. of Canada), Sept Iles	Iron ore 16 000 tpd (pellets) (produced from Schefferville ore)	Tailings pond with recycle	no effluent in 1982, operations closed May 1981, maintained on standby basis	
2. Knob Lake, (Iron Ore Co. of Canada), Schefferville	Iron ore (direct shipping) 25 000 tpd open pit	None	no processing of ore, operations permanently closed November 1982	
3. Mount Wright (Quebec Cartier), Fermont	Iron ore 30 000 tpd concentrate open pit	Tailings pond with recycle, treatment plant for red water	0.03 0.3 0.01 0.01 0.1 37 (data 1980)	
4. Fire Lake (Sidbec-Normines, Quebec Cartier)	Iron Ore open pit	None	no processing of ore at Fire Lake, ore shipped by rail to Lac Jeannine concentrator	
5. Lac Jeannine Concentrator (Sidbec-Normines, Quebec Cartier), Gagnon	Iron Ore 16 000 tpd concentrate	Tailings deposited in abandoned open pit, partial recycle	Concentrate is shipped by rail to Port Cartier for pelletizing L 6.9	Met guidelines
6. Pellet Plant (Sidbec-Normines), Port Cartier	Iron Ore 16 000 tpd pellets	Tailings Pond	Tailings effluent L L L 0.03 6.1 Surface Drainage L 0.1 L 0.04	Met guidelines Met guidelines
7. Wabush Pellet Plant (Pickands Mather), Pointe Noire	Iron ore 16 500 tpd (pellets) (mine in Labrador provides concentrate)	Settling pond	0.03 6.5	Met guidelines
8. Opemiska Division (Falconbridge Copper), Chapais	Copper (gold) 2700 tpd underground	Tailings pond, polishing pond for metals removal, Settling pond	Tailings effluent 0.02 L 0.02 L 0.1 10 7.0 Perry Mine Water L 1.0 0.08 L 0.6 70 7.0 Cooke Mine Water Intermittent flow - no data	Met guidelines Occasionally above guidelines for Cu, Zn, TSM New mine 1977
9. Lac Dufault Division (Falconbridge Copper), Noranda	Copper, zinc (silver, gold) 1800 tpd underground	Tailings pond, polishing pond for metals removal, Settling pond for mine water	Tailings effluent L L L 0.04 9 9.8 Corbet Mine Water 0.03 L L 0.4 L 6.6	Met guidelines New mine 1980; Complied with regulations
10. Madeleine, Gaspé	Copper 2300 tpd underground	Tailings pond	0.02 0.03 0.05 6 6.5 (August 1981 to March 1982)	Met guidelines; permanently closed June 1982
11. Selbaie (Selco), Joutel	Copper, zinc (silver) 1350 tpd underground	Tailings pond with partial recycle, polishing pond	L 0.06 0.02 0.01 0.04 10 7.4	New mine 1981; Met regulations
12. Camchib Resources, Chibougamau	Copper (gold) 2200 tpd underground	Tailings pond	Tailings pond effluent L 0.09 L L 0.1 L 7.0	Met guidelines
		Settling pond	Cedar Bay mine water L 0.03 0.04 L 0.01 L 7.4	Met guidelines
		Settling pond	Henderson no. 2 mine water L 0.05 0.02 L 0.02 L 7.5	Met guidelines
		Settling pond	Henderson no. 1 mine water L 0.02 0.02 L L L 7.3	Met guidelines

TABLE 9 (Cont'd)

Mine (Company), Location	Products (By-products), Rated Milling Capacity, Mining method	Treatment Facilities	Limited 1982 Data on Quality of Liquid Effluent — Metals and TSM in mg/L: As	Cu	Ni	Pb	Zn	TSM	pH	Comments on Regulations or Guidelines
13. Copper Rand, (Northgate Patino Inc., Northgate Explorations) Chibougamau	Copper (gold) 2900 tpd underground (Portage ore milled at Copper Rand mill)	Joint tailings pond with Camchib (previous page)								
		Settling pond	Portage Mine Water L	L	0.04	L	L	5	7.1	Met guidelines
		Settling pond	Copper Rand Mine Water L	0.25	0.05	L	0.07	7	7.2	Met guidelines
14. Lemoine, (Northgate Patino) Chibougamau	Copper, zinc (gold, silver) 3600 tpd underground	Tailings pond with recycle	no surface effluent							Met guidelines; closed 1983. Above guidelines for Cu, Zn
			Mine water L	0.75	0.04	L	6.0	5	7.1	
15. Gaspé Mines, (Noranda) Murdockville	Copper (molybdenum) 30 000 tpd underground and open pit	Tailings pond with partial recycle, settling pond for mine water	Tailings Effluent with dilution	0.08	0.02	0.05	0.05	9	7.3	Met guidelines after dilution
			average (Nov. 80 - June 82)							
16. Noranda, Horne Mill, Noranda	Horne Mill custom mills - Chadbourne ore - Gallen ore - Smelter slag	Treatment facilities primarily for old acidic tailings, not directly related to current operations								
		Noranda complex has three major effluents 1. Pelletier Lake Treatment System	L	0.06	0.02	0.03	0.3	10	8.3	Met guidelines
		2. Quemont Tailings Pond		3.3	0.1	0.5	6.8	7	3.1	Above guidelines for Cu, Zn, Pb; below guideline for pH
		3. Osisko Lake Tailings Pond	L	1.2	0.05	0.1	3.0	8	3.3	Above guidelines for Cu, Zn; below guideline for pH
17. Mattagami Lake Mill (Noranda), Matagami	Copper, zinc 4100 tpd	Tailings pond	Tailings Effluent L	0.1	0.02	L	2.8	10	5.1	Above guideline for zinc
(a) Mattagami Lake	underground		Mine Water Recycled to Mill							
(b) Norita	underground	Settling pond	Mine Water	0.05	0.05	L	2.7	14	7.4	Occasionally below guideline for pH; above guideline for zinc
(c) Orchan	underground	Settling pond	Mine Water	0.07	0.02	L	3.5	22	7.3	Above guideline for zinc; closed 1982
18. Niobec, (Teck-Soquem), Chicoutimi	Niobium 2100 tpd underground	Tailings pond with partial recycle,		0.02	0.02	0.01	0.06	28	7.3	Occasionally above guideline for TSM;
		Settling ponds for mine water		0.01	0.01	0.02	0.03	50	7.0	above guideline for TSM
19. QIT-Fer & Titane (Kennecott Copper, New Jersey Zinc), Havre St. Pierre	Iron, titanium 13 500 tpd open pit	None	No effluent (no processing of ore, ore shipped to smelter at Sorel)							

tpd = tonnes per day of ore:
L = Less than 0.01 mg/L for metals or less than 5 mg/L for TSM.

Data presented in Table 9 are based primarily on two samples taken in different months by Environment Canada.

TABLE 10 TREATMENT FACILITIES AND LIQUID EFFLUENT QUALITY FOR METAL MINES IN NEW BRUNSWICK IN 1982

Mine (Company), Location	Products (By-products), Rated Milling Capacity, Mining method	Treatment Facilities	1982 Average Quality of Liquid Effluent — Metals and TSM in mg/L: As	Cu	Ni	Pb	Zn	TSM	pH	Comments on Regulations or Guidelines
1. Brunswick Mining and Smelting (Noranda), Bathurst	Zinc, lead, copper (silver) 10 000 tpd underground	Brunswick No. 6 Treatment pond for acid mine water (ore shipped to Brunswick No. 12)	Treatment Pond Effluent	0.06		0.28	1.20		8.6	Above guideline for zinc; sometimes above guideline for lead; passed 1/1 toxicity test
		Brunswick No. 12 Tailings pond with partial recycle, separate treatment for acid mine water and excess tailings decant water	Tailings Pond Effluent	0.4		5.5	100		6.4	Above guidelines for zinc and lead; sometimes above guideline for copper and below guideline for pH;* failed 1/1 toxicity test
			South Diversion Ditch	0.05	0.01	0.4	4.0	5	3.6	South water diversion above guideline for zinc and below guideline for pH*
2. Heath Steele (Noranda), Newcastle	Zinc, lead, copper (silver) 3600 tpd underground	Tailings ponds, collection system for contaminated mine water		0.01		0.17	0.08		9.4	Met guidelines; passed 1/1 toxicity test

tpd = tonnes per day of ore
L = Less than 0.01 mg/L for metals or Less than 5 mg/L for TSM

* Brunswick Mining and Smelting has made substantial improvements in its No. 12 effluents control since 1982.

TABLE 11 TREATMENT FACILITIES AND LIQUID EFFLUENT QUALITY FOR METAL MINES IN NEWFOUNDLAND IN 1982

Mine (Company), Location	Products (By-products), Rated Milling Capacity, Mining method	Treatment Facilities	1982 Average Quality of Liquid Effluent — Metals and TSM in mg/L: As	Cu	Ni	Pb	Zn	TSM	pH	Comments on Regulations or Guidelines
1. Buchans (Asarco), Buchans	Lead, zinc copper 1100 tpd underground	Tailings pond		0.1 Jan.-June 82 average		0.25	5.5		6.7	Above guideline for zinc; Sometimes above guideline for lead; failed 1/1 toxicity test; production suspended June 1982
2. Consolidated Rambler, Baie Verte	Copper, (gold, silver) 1100 tpd underground	Tailings pond		0.27 Jan.-Sept. 82 average		0.06	1.0	8		Above guideline for zinc; sometimes above guideline for copper; passed 1/1 toxicity test; production suspended April 1982
3. Newfoundland Zinc (Teck), Daniel's Harbour	Zinc 1550 tpd underground	Tailings pond		March-Sept. 82 average			0.3	12	8.0	Met guidelines; passed 1/1 toxicity test
4. Iron Ore Co. of Canada, Labrador City	Iron Ore 30 000 tpd pellets open pit	Partial thickening of tailings before deposit in lake, partial recycle	Tailings deposited directly into Wabush Lake. The IOCC dykes in Wabush Lake do not constitute a tailings impoundment area as defined in the federal guidelines although Newfoundland has leased this portion of the lake to IOCC for tailings disposal.							Above guideline for TSM; passed 1/1 toxicity test
5. Wabush (Pickands Mather), Wabush, Labrador	Iron Ore concentrate 16 500 tpd open pit	Tailings thickened before deposit in lake, partial recycle	Tailings deposited into dyked area at side of Flora Lake, but this is not a tailings impoundment area as defined in the federal guidelines. Newfoundland has leased Flora Lake to Wabush for tailings disposal and the discharge from Flora Lake meets provincial requirements.							Above guideline for TSM; concentrate shipped to Pellet Plant at Point Noire, Quebec

tpd = tonnes per day of ore
L = Less than 0.01 mg/L for metals or Less than 5 mg/L for TSM

4 STATUS OF TECHNOLOGY FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION

4.1 Introduction

This section describes the water pollution control technology that has been used to address various environmental problems associated with mining operations. Individual mines are cited to illustrate practical applications of the technology.

The complexity of environmental problems varies greatly between mines. At some mines the application of very basic technology can provide full environmental protection, while at others the application of more advanced technology may not be sufficient to achieve a desirable level of environmental protection. New technology continues to be developed and improved through the efforts of industry and governments.

The following technologies for water pollution control at metal mining operations are described in this section.

(i) Removal of Solids - The milling of an ore produces large quantities of solids referred to as tailings. Tailings are discharged from a mill as a slurry of water and finely ground rock. The first step in controlling water pollution due to the milling of ores is the removal of the fine solid tailings (total suspended matter). Ordinarily, this slurry is deposited in a tailings pond where the solids settle out and the supernatant overflows. Careful design, construction, and operation of a tailings pond are necessary to achieve the levels of total suspended matter prescribed in the Metal Mining Liquid Effluent Regulations and Guidelines. Mine water or surface drainage, which contains fine particles of rock, may also require treatment in a tailings pond or settling pond.

(ii) Removal of Metals and pH Control - Effluent containing dissolved metals is often a problem at metal mines, particularly where the ore, tailings, or waste rock contain significant amounts of iron sulphides, particularly pyrite or pyrrhotite. The oxidation of iron sulphides can produce acidic water which dissolves metals from the ore, tailings or waste rock. However, the metals can be precipitated by increasing the pH of the contaminated water with lime or other alkaline reagents. The metal hydroxide precipitates are then settled and retained in a tailings pond or a treatment pond. While perhaps only one-third of the mines in Canada have acid mine water, it is a particularly significant problem since fish are very sensitive to acidity and heavy metals.

(iii) Removal of Radium-226 - The removal of radium-226 from uranium mine effluents is a necessity. This radionuclide is removed from wastewater by the addition of barium chloride to form a precipitate of barium-radium sulphate which is either settled in a pond or removed by sand filters.

(iv) Removal of Cyanide - The destruction of cyanide and cyanide-metal complexes is a problem primarily encountered at gold mines using the cyanidation process. Natural degradation of cyanide takes place in a tailing pond but is a slow process and frequently unsatisfactory. Treatment processes using alkaline chlorination or a mixture of sulphur dioxide and air have been implemented recently in Canada at several gold mines.

4.2 Tailings

The primary function of a tailings pond is to settle and store solid tailings resulting from the milling operation. However, a tailings pond may also perform a variety of other water pollution control functions such as pH control, metals removal, Ra-226 removal, and cyanide destruction. Advances in the design, construction and operation of tailings ponds have improved the physical integrity of the structures and the quality of the effluent.

One of the operational improvements is increased recycling of tailings pond water back to the milling operation. While 100% recycling of effluent is possible in some cases, heavy rainfall, complex flotation (milling) circuits, or other limitations frequently prevent total recycle. Notable examples of high recycle are found in the large scale open pit mining operations in the interior of British Columbia where the climate is very dry. Water recycling is environmentally advantageous because it reduces the release of contaminants to receiving waters. It is frequently of economic benefit where large quantities of fresh water are scarce.

The tailings slurry from the mill typically contains 20 to 35% solids. When this water-solids mixture is discharged into a tailings pond, the coarser solids quickly settle out near the end of the tailings line and the finer solids (slimes) are carried toward the centre of the pond. This segregation of solids by size may present problems in the reclamation of the tailings pond when the mine is eventually closed (i.e., fine tailings may be too wet or coarse tailings may be too dry for revegetation).

Two new methods of tailings disposal are now being applied in Canada. One is referred to as thickened tailings disposal and the other as sub-aerial disposal. A key feature of both of these new methods is that the fine and coarse tailings solids do not

segregate as in conventional tailings disposal methods. Tailings deposited in this manner may be more readily rehabilitated. These new methods of tailings disposal also provide some capital and operational benefits. The merits of these methods are still being assessed.

4.2.1 Thickened Tailings Disposal. When thickened to an appropriate density, tailings start to behave as a heavy homogenous slurry rather than a mixture of fine and coarse solids in water. When the thickened solids are discharged into a tailings disposal area, water separates from the slurry, but fine and coarse particles do not segregate. The tailings gradually form a cone-shaped pile. Depending on such factors as the fineness and specific gravity of the solids, and the velocity of flow and the water content of the tailings slurry, the slope of the cone may be expected to range between 2 and 8%. The large dams associated with conventional tailings disposal are not required. However, a settling pond is required to remove fine suspended solids from the tailings disposal area effluent and the thickener overflow before the water can be recycled or discharged.

In Canada two mines, Kidd Creek Mines Ltd. and Les Mines Selbaie, are using the thickened tailings disposal method. The Kidd Creek mill discharges about 10 000 tonnes per day of tailings. Tailings from the mill are pumped over 4 km to two tailings thickeners where they are thickened to about 60% solids. The thickener underflows are spigotted into the centre of the tailings area. Because of the fineness of the Kidd Creek tailings, the slope of the cone-shaped deposit is quite gentle (about 2%). By discharging the thickened tailings through a series of spigots on each side of the spigot access road, the velocity of the discharge is decreased and the slope of the cone is slightly increased. Kidd Creek plans to increase the thickening to 65% solids to obtain a steeper slope.

Les Mines Selbaie (Selco Mining Corp.), a 1500 tpd copper zinc mine in Northwestern Quebec, pumps tailings typically at 25% solids to their high capacity thickener. The thickener underflow is pumped at 55 to 65% solids to a discharge point at the centre of the tailings cone. Tailings flow can vary from about 20 to 80 tonnes of solids per hour depending on mine backfill requirements. When the coarse fraction of the tailings has been removed for mine backfill, the optimum operating density decreases to below 60% solids. The present cone slope is 4% using a single point discharge. This is expected to increase when a multi-point discharge is installed to reduce the slurry velocity down the slope of the cone.

4.2.2 Sub-aerial Disposal. The sub-aerial method of tailings disposal produces a gently sloping mass of low permeability tailings. The tailings slurry is discharged uniformly onto a section of gently sloping beach (about 1% slope) through a distribution pipe located across the upper edge of the beach. The slope of the beach depends on the characteristics of the slurry. The slurry flows gently over the sloping beach to form a uniform and relatively thin layer of tailings, typically a few centimetres thick.

Once a section of beach has been covered with the desired thickness of tailings, the tailings discharge is moved to another section of beach and the newly deposited layer is left to settle and drain. During this process some vertical segregation (without horizontal segregation) occurs within the layer, with the finer fractions concentrating at the surface. The released water drains from the tailings to the decant system. Typically, several days is required for settlement and drainage of each fresh tailings layer. Suction pressures from drying induce consolidation because of the non-saturated condition of the tailings.

The vertical particle segregation causes the vertical coefficient of permeability to be as much as two orders of magnitude less than the horizontal coefficient of permeability. This reduces the infiltration of precipitation into the deposit and maintains unsaturated conditions in underlying layers. Although not essential, tailings may be thickened prior to deposit by the sub-aerial technique. Thickening results in a denser deposit of tailings.

While sub-aerial disposal has been practiced at various locations throughout the world, Key Lake Mining Corporation started the first full-scale use of this technology in Canada in 1983. During the winter, tailings will be deposited by conventional open end discharge into one section of the tailings area, and then allowed to thaw and drain during the following summer.

The Western Mines Division of Westmin Resources began operating a sub-aerial facility in June 1984. Because the Westmin tailings have acid generating potential, a disposal method that reduces or eliminates the leaching of metals after abandonment of the tailings is important. The design of the sub-aerial tailings facility is integrated with the interception drain for acid mine water from existing waste rock dumps. All seepage from the deposited tailings will be intercepted and treated in the same manner as the contaminated leachate from the waste rock dumps (see page 30).

4.3 Acid Mine Water

Acid mine water, which occurs at about one-third of the metal mines in Canada, can dissolve metals from rock, ore, or tailings and release these metals into the aquatic environment. Acid mine water results from the oxidation of iron sulphides (i.e., pyrite, pyrrhotite) in the rock, ore, or tailings where there are insufficient basic minerals (i.e., calcite, dolomite) to prevent or inhibit acid generation. This oxidation can occur through both chemical and biological means. *Thiobacillus ferrooxidans*, the principal bacterium, is always present in acid mine waters. This bacterium obtains its energy for growth from the oxidation of reduced sulphur compounds (i.e., sulphides) and ferrous iron.

The net acid generation reaction is illustrated in the case of pyrite oxidation by the equation:

$$4FeS_2 + 15O_2 + 14H_2O \rightarrow 4Fe(OH)_3 + 8H_2SO_4$$

This reaction represents the complete hydrolysis of all the ferric iron. In practice, not all the iron precipitates as iron hydroxide; some forms a basic iron sulphate jarosite type material. This may be represented by the formula $AFe_3(SO_4)_2(OH)_6$, where A can be H^+, Na^+, K^+ etc. The formation of this material may be represented by.

$$6FeS_2 + 22\ 1/2\ O_2 + 15H_2O \rightarrow 2HFe_3(SO_4)_2(OH)_6 + 8H_2SO_4$$

The acid mine water phenomenon is unrelated to the processing of the ore except in uranium mining. The mere exposure of sulphide rock to air and water can result in generation of acidic water. Because the sulphuric acid leaching step in the processing of uranium ore removes any basic minerals in the ore, uranium tailings containing iron sulphides may be exceptionally prone to acid generation.

Fish are adversely affected by water that is overly acidic or overly alkaline. Acid mine water also carries dissolved heavy metals that are harmful to fish and other aquatic life. Some metals (particularly copper, lead, zinc, and cadmium), even in low concentrations, can kill fish. Moderately alkaline effluents do not generally pose a threat to fish because heavy metals are not very soluble in alkaline water. Most base metal mine effluents are slightly alkaline. The Metal Mining Liquid Effluent Regulations and Guidelines provide lower pH limits to prohibit the deposit of acid mine effluents, but do <u>not</u> provide an upper pH limit.

Acid mine water problems may be further complicated by the presence of thiosalts (unsaturated sulphur compounds) in the effluent. Thiosalts may originate from the milling of certain sulphide ores high in pyrites and pyrrhotite, or from the use of

reducing sulphur compounds in flotation circuits. Oxidation of thiosalts results in the production of sulphuric acid over a period of time. For example, effluent may leave a tailings pond with a pH above 7, but after several days of oxidation, acidic conditions can develop in the receiving waters. Effluents containing thiosalts should be treated in bio-oxidation ponds before final pH adjustment and metals removal. Successful treatment of thiosalts can be difficult, and in some cases has not been accomplished. Research has been in progress for the past few years to develop economic methods to solve this problem. Both chemical and biological methods are being investigated with greater emphasis being placed on the biological methods.

4.3.1 Treatment Systems. The treatment of acid mine water involves (i) the addition of lime or other neutralizing reagents to increase the pH of the water to about 9 to 11 to form metal precipitates, (ii) facilities for removal of the metal hydroxide precipitates by settling, and (iii) disposal of the resulting metal-containing sludge.

The simplest and commonest method of treating acid mine water is neutralization in a tailings pond. Tailings effluent from a mill commonly has a pH from 8 to 10. In some cases the mill effluent alone may be sufficient to neutralize acid mine water, whereas in other cases additional lime may be required. Metal hydroxide precipitates are settled with and are buried in the solid tailings.

At mines where it is not practical to use tailings ponds for acid mine water treatment, separate treatment facilities are provided. In some cases effluent from tailings ponds is further treated. Separate treatment systems may be divided into two types:

(a) lime addition with settling and/or polishing ponds, and
(b) lime addition with mechanical treatment (i.e., clarifiers).

Examples of both types of treatment systems are described below and influent and effluent data are given in Table 12. The examples emphasize mechanical treatment since developments in this field are more recent than for settling and polishing ponds which have been in use for many years.

Westmin Resources, located in a narrow valley in mountainous terrain on Vancouver Island, has a subsurface interceptor drainage system to collect acid mine water from its waste rock dumps. The subsurface drain also serves as part of the drainage system for Westmin's new sub-aerial tailings disposal facility (see page 28). Water from the drainage system and other contaminated water at the mine site is treated with lime and pumped to a series of five settling ponds. Large amounts of thixotrophic hydroxide

TABLE 12 TYPICAL INFLUENT AND EFFLUENT AT MINE WATER TREATMENT PLANTS

A. Influent Before Treatment

Mine	Volume m^3/d	Plant Influent (mg/L except pH)					
		pH	Cu	Fe	Pb	Ni	Zn
Westmin Resources (Groundwater)	57 000	4.4	6	2	0.02		40
Inco - Copper Cliff	270 000	5.8	0.6	15.4		9.2	
Inco - Nolin Creek	36 000	4.3	6.7	35.6		19.8	
Cominco - Sullivan	26 000	4.5	0.15	250	5		22-75
Mattabi	6400	5.8-6.0	0.06	1.5	0.06		10
Brunswick Mining No. 12 Mine	2300	2.6-3.0	5-12	500-1200	3-7		1700

B. Effluent After Treatment

Mine	Plant Effluent (mg/L except pH)					
	pH	Cu	Fe	Pb	Ni	Zn
Westmin Resources	9-10	0.02	0.08	<0.02		0.3
Inco - Copper Cliff	7-9.9	<0.03	0.6-1.3		0.3-0.9	
Inco - Nolin Creek	9.5-11.4	<0.02-0.6	0.3-3.4		0.2-1.3	
Cominco - Sullivan	9.5	<0.05	<1.0	<0.1		<0.2
Mattabi	9.8	0.01	0.05	0.01		0.5
Brunswick Mining No. 12 Mine	9-10	0.01-0.1	0.01-4	0.25		0.01-2

sludge settles in the ponds to a density of only 1% solids. Westmin is testing a new disposal method which involves injecting the sludge into the acid generating waste rock dumps. The injection the high pH sludge into the waste dumps appears to decrease the rate of acid generation in the waste rock.

Inco's extensive mining, milling, smelting and refining operations in the Sudbury area include two centralized mechanical treatment plants. The Copper Cliff plant treats the entire flow of the Copper Cliff Creek up to a flow of 270 000 m^3/d for the removal of metals. In this plant creek water is mixed with lime, and flocculant is added before the flow enters two 41-metre diameter clarifiers. The clarifier sludge is disposed of in the tailings area. Inco's Nolin Creek plant treats primarily natural drainage from an area that is high in heavy metals. The Nolin Creek sludge is sent to the smelter for recovery. The two treatment plants, because of their similarity, are operated from the Copper Cliff plant.

Cominco's Sullivan treatment plant treats mine water, iron tailings pond and siliceous tailing pond effluent. The plant uses the lime neutralization - high density sludge process. The lime slurry and recycled clarifier underflow sludge are blended in a mix tank before being added to the incoming wastewater. Sludge from the plant is discharged to a separate disposal site. Complete oxidation of all ferrous iron in the feed is essential to optimize process chemistry. The system operates under a wide range of conditions imposed by highly variable weather conditions, drainage flows, and metal loadings. The recycling of the sludge modifies the sludge solids from a fluffy slime to solids of almost particulate texture. The sludge contains about 20 to 30% solids compared to 2 to 3% solids from conventional treatment processes, thereby minimizing the volume of waste sludge. Cominco's capital cost was about $10 million (1979) and annual operating costs are about $1 million (1983).

Mattabi Mines (Noranda) also uses the high density sludge process in a smaller and more compact plant. The sludge is typically 20% zinc and 4% iron (with seasonal variations) and is disposed with the zinc concentrate. Mattabi is one of the few operations where the sludge has a sufficiently high metal content to be of commercial value. Noranda also operates mechanical mine water treatment plants at Geco and Mines Gallen.

Brunswick Mining and Smelting has a mechanical treatment plant for underground acid mine water at its No. 12 mine and mill complex. Mine water is neutralized with a hydrated lime slurry in two agitated reactor tanks. Ferrous iron is oxidized to ferric iron by air injection. Flocculant is added before the treated water

enters a clarifier. The clarifier overflow is discharged to a diversion ditch, while the sludge is discharged to the tailings pond.

4.3.2 Seepage from Abandoned Mine Sites. The abandonment of acid generating tailings and waste rock dumps creates the most serious water pollution problem facing the mining industry. Current pollution control practices are generally capable of providing compliance with regulatory standards during the operating life of a mine. However, no technically and economically viable method has been developed to ensure long-term protection of the environment from acidic seepage from abandoned tailings containing high amounts of sulphides.

The Canadian Centre for Mining and Metallurgy (CANMET) is initiating a multi-year industry-government research program to address this concern. As a first step in this program a consultant's report, entitled "Sulphide Tailings Management Study" has been prepared and is available through CANMET. This report considers: (i) the extent of sulphide tailing deposits in Canada, (ii) the current tailings management practices, (iii) acid formation in tailings and treatment technology, (iv) revegetation, and (v) recommended research.

4.4 Uranium Mining: Control of Radionuclides

The radioactivity of ore, waste rock, and tailings from uranium mining is mostly attributable to the daughter products of uranium. Uranium is extracted from ore using a sulphuric acid or a carbonate leaching process. The leaching process also extracts a portion of other radionuclides, such as radium-226, thorium-230, thorium-232, lead-210 and lead-212 and non-radioactive heavy metals. Most of the dissolved radioactive and non-radioactive metals present in tailings slurries are precipitated by the addition of lime which is added prior to discharging the tailings from the mill. However, the activity of one radioisotope, radium-226, remains relatively high in tailings pond effluents and, therefore, additional treatment of tailings pond effluent is required.

4.4.1 Conventional Treatment. Radium-226 is normally removed from uranium mill effluents by the addition of a dilute barium chloride solution to tailings pond decants and separation of the resulting barium-radium sulphate precipitates in large sedimentation ponds. Since the precipitates are fine, flocculent is often added to assist the settling process. A subsequent sand filtration step is sometimes used to further polish the settling pond decants (Amok's Cluff Lake Mine) or a portion of the decant (Eldorado Resource's Rabbit Lake Mine).

4.4.2 Mechanical Treatment. Through a government-industry research program a process for radium-226 removal has been developed recently in which both the precipitation and the separation of the barium-radium sulphate is carried out in a totally mechanical system. Radium-226 is precipitated in agitated tanks and the precipitate is subsequently removed in gravity fed sand filters. The filters are backwashed routinely into the tailings pond for removal and burial of the precipitate in the tailings.

When Rio Algom Limited reopened its Stanleigh operation in 1983 it incorporated a mechanical treatment plant of this type with a capacity of 530 L/s. The plant consists of a pretreatment section and a filter section housed in separate buildings. Effluent from the tailings management area flows by gravity to the pretreatment building where lime and barium chloride are added. The effluent then flows through four slowly agitated precipitation tanks connected in series. A flocculant is added to the discharge from the last tank to improve the efficiency of the subsequent filtration.

The filter building contains seven dual media (sand on anthracite coal) filters, 3.66 m in diameter by 7.62 m high, plus all the related equipment necessary for backwashing of the filters. The entire sequence of treatment is automatically controlled by a micro-computer. Filter backwater, containing the barium-radium sulphate precipitate, is pumped back to the tailings management area. Periodically, each filter is to be washed with nitric acid to remove any gypsum scale build-up on the filter media. This step has been unnecessary to date. Allowing for the usual start-up problems the plant has been performing satisfactorily in meeting its effluent quality limits.

Key Lake Mining Corporation, a new mine opened in Saskatchewan in 1983, operates a mechanical treatment plant for radium removal in which a Lamella thickener, rather than filters, is used for clarification. The removal of radium from excess contaminated water by ion exchange is also practiced by this company.

4.4.3 Sludge Stabilization. Agnew Lake Mines, now closed, recovered uranium by leaching broken ore both underground and at the surface on pads with sulphuric acid. While Agnew Lake did not produce conventional tailings, it did produce a sludge from the leaching process. The sludge disposal area of about 30 hectares contained about 400 000 m^3 of calcium sulphate, barium-radium sulphate and iron hydroxide precipitates. This material was thixotropic and contained about 20% solids. To physically stabilize the sludge, the company moved over 2 000 000 tonnes of crushed rock from the leaching pads to the sludge disposal area in 1983. Using a bulldozer and a bucket-clam, the rock and

sludge were mixed together and then flattened at the sludge pond site to create a uniform firm surface for revegetation. The cost of this close-out procedure was over $2 000 000.

4.4.4 Seepage Control. In recent years tailings impoundment facilities at uranium mines have been designed with extremely low permeability to minimize the escape of dissolved radionuclides. Dams have been constructed using synthetic impermeable membranes or by compacting layers of natural materials (clays, etc.) in a centre core of the dam to reduce permeability. Foundations for dams have been cleared to bedrock and the bedrock grouted with cement where necessary to prevent the flow of contaminated seepage through the rock. Seepage collection and treatment is common practice.

4.5 Treatment of Cyanide Wastes from Gold Milling

A cyanide leach is used to extract gold from ore. While the barren solution (after the removal of gold) may be recycled to a large extent, the uptake of metals (i.e., cobalt, copper, iron, nickel and zinc) causes the leaching solution to lose its effectiveness for gold recovery. Therefore, a portion of the barren solution (barren bleed) is removed from the system and fresh cyanide is added. Although the highly toxic barren bleed will degrade naturally, this is a slow process which requires a long retention time in holding ponds before the effluent becomes non-toxic. Natural degradation seldom results in an acceptable effluent.

While methods of treating cyanide wastes on a smaller scale in other industries have been known for many years, none of these processes had been applied in the gold mining industry at the time regulations and guidelines were being developed. Because of the lack of suitable demonstrated technology, gold mines using cyanidation were exempted from the application of the Metal Mining Liquid Effluent Regulations and Guidelines. To overcome this lack of demonstrated technology, Environment Canada embarked on a cooperative program with industry, the provinces, and other government departments (EMR) to identify and develop technology for the treatment of cyanide in gold mill effluents. Currently the three common methods employed to treat gold mill effluents in Canada are: natural degradation, alkaline chlorination and the Inco SO_2-air process. (In addition, at Cominco's Con mine cyanide is removed by reaction with iron sulphide.)

4.5.1 Natural Degradation. Natural degradation is the most common method and, until about four years ago was the only method, used for effluent treatment. It requires lengthy retention in a pond for the various forms of cyanide in gold mill effluents to degrade to acceptable levels for discharge to receiving waters.

Although the volatilization of hydrogen cyanide is the chief means of natural degradation, it may also involve a combination of other physical, chemical and biological processes, i.e., photodecomposition, precipitation, chemical and biological oxidation. Also, dilution in tailings ponds by other mine or mill effluents and natural precipitation further reduces the concentration of cyanide in the water before discharge to the environment. The means and rate by which cyanide is removed depends on a number of conditions, i.e., water pH; concentration and species of cyanide present; exposure to sunlight; pool surface area, depth, turbidity and turbulence; and the number and type of bacteria present in the water.

Although in some instances natural degradation of cyanides has proven successful in producing effluent quality acceptable to regulatory agencies, in many cases it has not, as evidenced by the current interest in, and application of, the newer chemical treatment available for cyanide destruction. Where natural degradation cannot produce an effluent of suitable quality, it still can provide a useful intermediary step for partial cyanide removal prior to subsequent chemical treatment.

Studies are underway at the Wastewater Technology Centre, Environment Canada, to determine the most important factors affecting the natural degradation of cyanide, to identify the possible mechanisms and rates of degradation, and to develop a predictive model for the process.

4.5.2 Alkaline Chlorination Method. The alkaline chlorination process involves the destruction of cyanides (free cyanide and most metal-cyanide complexes) by oxidation with chlorine (i.e., chlorine gas, calcium or sodium hypochlorite) at a highly alkaline pH (11-12). The complete oxidation of the cyanides occurs in two stages. In the first stage, cyanide is converted to cyanate (CNO^-) and in the second, cyanate is further oxidized to carbon dioxide and nitrogen. Since the complete destruction of cyanides requires considerably greater retention time and reagent addition, both capital and operating costs are considerably higher than for the oxidation to cyanate only. For these reasons and because cyanate is considered to be at least 1000 times less toxic than free cyanide, single-stage oxidation to cyanate is usually considered acceptable by regulatory agencies. However, further work has been undertaken to verify both cyanate and thiocyanate toxicity.

Gold mill effluents, depending on ore mineralogy, frequently contain appreciable amounts of iron cyanide. A major disadvantage of the alkaline chlorination process is that it does not destroy cyanide that is present as iron cyanide.

Under a contract with Environment Canada, Ker Priestman and Associates completed a performance evaluation of the alkaline chlorination process at the Baker, Carolin and Mosquito Creek mines in British Columbia. The destruction of total cyanide at these mines varied from 83-99.6%, depending upon the amount of iron cyanide present in the solutions treated. However, 99.8% of the cyanides less stable than iron cyanide were destroyed in all cases. Other mines that are or have used alkaline chlorination include (i) Giant Yellowknife (gold); (ii) Detour Lake (gold); (iii) United Keno Hill (silver); and (iv) Western Mines of Westmin Resources (lead, zinc, copper).

4.5.3 Inco SO_2-Air Process. In 1981 Inco Metals Limited announced the development of a process suitable for the removal of total cyanide from gold mill effluents. Canadian Patent No. 1,165,474 was issued to Inco on April 10, 1984, for this process.

The process is based on the reaction of a mixture of SO_2 and O_2 in the presence of soluble copper, as a catalyst, with free and metal-cyanide complexes in the effluent. Oxygen for the reaction is supplied by the addition of air and SO_2 can be provided as SO_2 gas, as sulphurous acid, or as a soluble sulphite or bisulphite. The addition of copper (as copper sulphate or hydroxide) for catalysis is unnecessary when the gold mill effluent to be treated already contains sufficient copper, usually about 50 mg/L minimum. A suitable pH for the process is 8-10.

In this process, the cyanides less stable than iron cyanide, are removed by oxidation to cyanate. Iron cyanide is reduced to the ferrocyanide form and continuously precipitated as a ferrocyanide salt of the form $M_2Fe(CN)_6$, where M can be copper, nickel or zinc. The rest of the metals are precipitated as hydroxides.

Since little thiocyanate is oxidized in the process, the consumption of SO_2 by thiocyanate is avoided. Thiocyanate is considered to be relatively non-toxic in comparison to free cyanide. However, if required, thiocyanate can be removed by the process, but effectively only after cyanide has been removed.

Although the chemical reactions have not been completely determined, the following reactions, in simplified form, are postulated:

$$CN^- + SO_2 + O_2 + H_2O \rightarrow CNO^- + H_2SO_4$$

$$2M^{+2} + (Fe(CN)6)^{-4} + x \cdot H_2O \rightarrow M_2Fe(CN)_6 \cdot xH_2O.$$

A great deal of interest has been shown in the SO_2-air process and it has been successfully tested in the laboratory on a large number of gold mill effluents. Currently,

the process is being operated at Equity Silver Mines and Inco's McBean Mine. The process was also used at Dupont's Baker Mine, Carolin Mines and Scottie Gold Mines before their shutdown. A number of other gold mines are either considering, or installing, the process. Environment Canada is carrying out a full scale performance evaluation of the process.

The advantages and disadvantages claimed for the process by Inco Limited are:

Advantages

1) Total cyanide can be removed to low levels, i.e., 0.1 mg/L.
2) Metals can be removed to low levels, i.e., less than 1 mg/L.
3) Iron cyanide can be removed as a stable precipitate.
4) Reactions are fairly rapid, typically less than 1 hour.
5) Reagent consumption is relatively low.
6) The process can be applied to both solutions or slurries.
7) Equipment required is simple and readily available.
8) Process control is relatively simple.

Disadvantages

1) A royalty charge is required for the use of the patented process.
2) If thiocyanate removal is necessary, the reactions are not rapid.
3) The process requires further use at full scale to allow a complete performance evaluation.

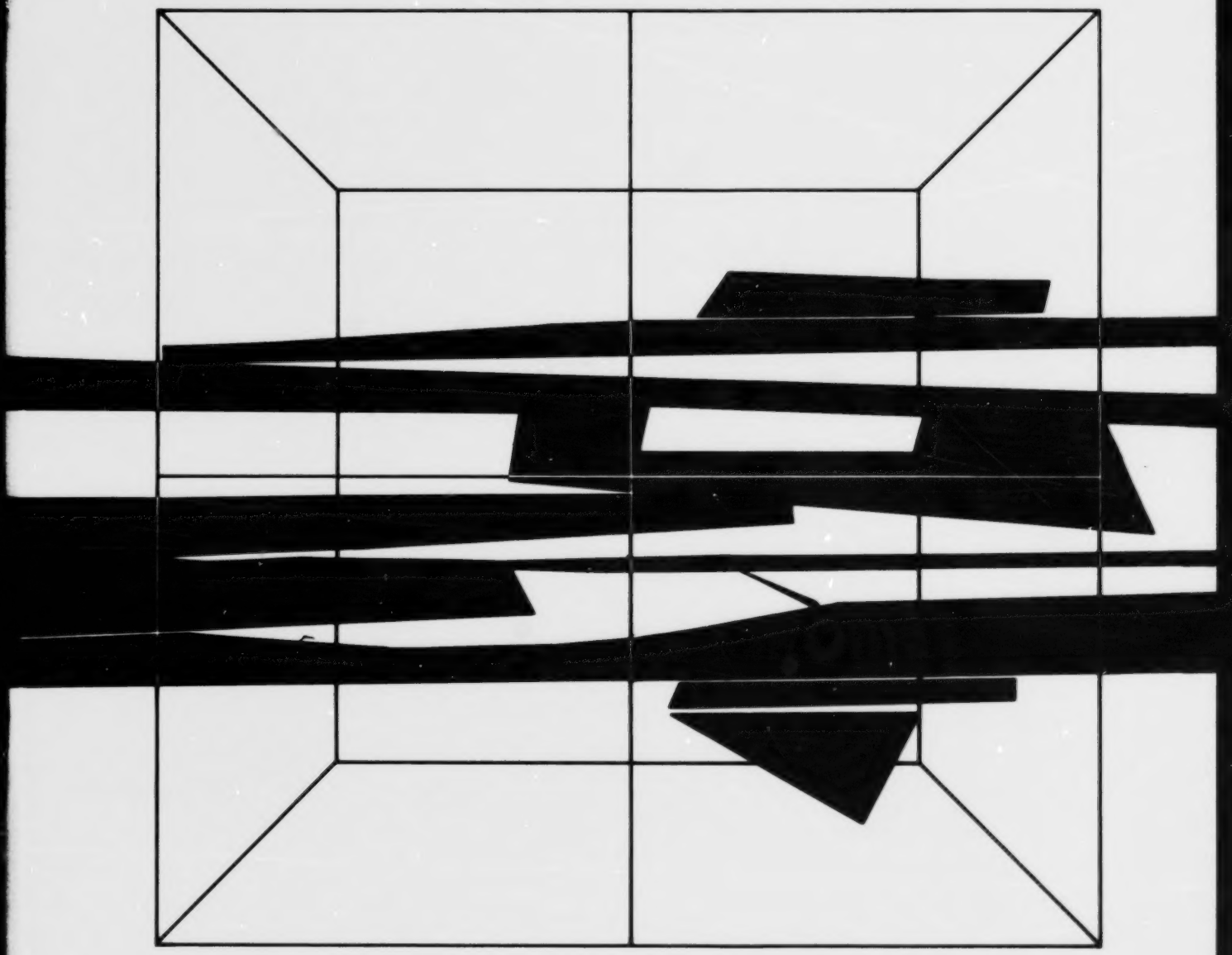
4.5.4 Other Treatment Methods. During the past year Ok Tedi Mines in Papua, New Guinea, and Homestead Mines in South Dakota have become the first mines to treat gold mill effluents using hydrogen peroxide oxidation and biodegradation systems, respectively. These new applications in gold milling will be followed with considerable interest.

Environment Canada will continue its involvement in the development demonstration and evaluation of technologies to prevent and control water pollution from the mining industry.

Compte rendu des activités de lutte contre la pollution des eaux de l'industrie minière au Canada (1982)

1885
1985

Rapport SPE 1/MM/2
Juillet 1985



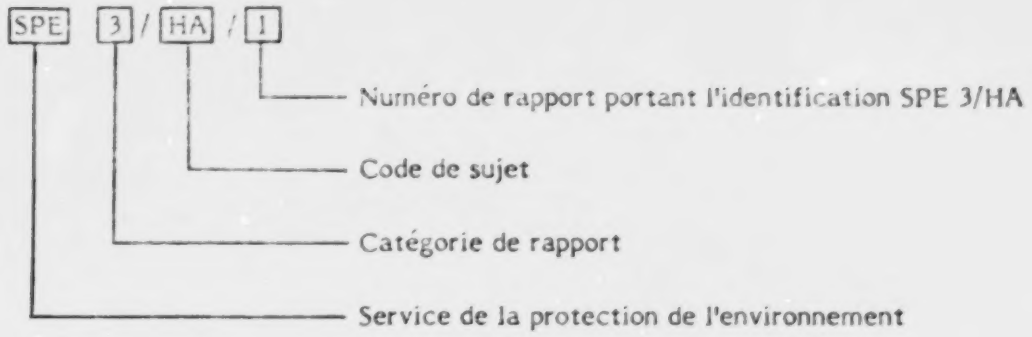
Environnement Canada
Service de la protection de l'environnement

Environment Canada
Environmental Protection Service

Canada

RAPPORTS DU SERVICE DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Exemple de numérotage:



Catégories

1	Règlements/Lignes directrices/ Codes de procédure
2	Consultation publique: évaluation des problèmes, options de contrôle
3	Recherche et développement technologique
4	Revues de la documentation
5	Relevés
6	Évaluations des impacts sur l'environnement
7	Surveillance
8	Propositions, analyses et énoncés de principes généraux
9	Guides

Sujets

AG	Agriculture
AP	Polluants atmosphériques
AT	Toxicité aquatique
CC	Produits chimiques commerciaux
CP	Pollution - consommateurs
FP	Traitement des aliments
HA	Déchets dangereux
IC	Chimie inorganique
MA	Pollution marine
MM	Exploitation minière et traitement des minéraux
NR	Régions du Nord
PF	Papier et fibres
PG	Production de l'électricité
PN	Pétrole et gaz naturel
SP	Déversements de pétrole et de produits chimiques
SRM	Méthode de référence normalisée
TS	Systèmes de transport
UP	Pollution urbaine

Sujets et codes additionels sont introduits au besoin. Une liste de rapports du SPE peut être obtenue en s'adressant à la Section des publications, Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa (Ontario) K1A 1C8.

Centenaire des parcs nationaux
1885
1985
National Parks Centennial

1885 – 1985: 100 ans de conservation du patrimoine
Le premier parc national du Canada a été aménagé en 1885, à Banff en Alberta. Aujourd'hui il y a des parcs nationaux et des parcs historiques nationaux dans chaque province et territoire. Le centenaire des parcs nationaux représente l'occasion de réaffirmer le désir de préserver notre patrimoine au profit de tous les Canadiens.

COMPTE RENDU DES ACTIVITÉS DE LUTTE CONTRE LA POLLUTION DES EAUX DE L'INDUSTRIE MINIÈRE AU CANADA (1982)

Environnement Canada
Service de la protection de l'environnement
Direction des programmes industriels
Division des opérations minières et métallurgiques

Rapport EPS 1/MM/2
Juillet 1985

NOTE

Tout commentaire relatif au présent rapport doit être adressé au:

Chef
Division des opérations minières et métallurgiques
Direction des programmes industriels
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 1C8

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada
N° de cat. En 49-7/1-2F
ISBN 0-662-53953-2
IMPRIMERIE BEAUREGARD LIMITÉE

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION	1
2	RÈGLEMENTS ET LIGNES DIRECTRICES RELATIFS AUX EFFLUENTS LIQUIDES DES MINES DE MÉTAUX	3
2.1	Règlements	3
2.2	Lignes directrices	5
2.3	Code d'éthique	5
2.4	Bases techniques des règlements	6
2.5	Application	6
2.6	Exigences en matière de contrôle et de présentation des rapports	7
2.7	Désignation des dépôts de stériles	7
2.8	Élimination des stériles dans un endroit non remblayé	8
2.9	Révision des règlements	8
3	DONNÉES DE CONFORMITÉ	10
3.1	Collecte des données	10
3.2	Résumé national	10
3.3	Données pour chaque mine	11
3.4	Application	26
4	ÉTAT ACTUEL DES TECHNIQUES UTILISÉES POUR PROTÉGER L'ENVIRONNEMENT	28
4.1	Introduction	28
4.2	Résidus	29
4.2.1	Épaississement des résidus	30
4.2.2	Épandage en couches	31
4.3	Eaux de mine acides	32
4.3.1	Systèmes de traitement	34
4.3.2	Eaux d'infiltration de mines abandonnées	37
4.4	Extraction de l'uranium : contrôle des radionucléides	37
4.4.1	Traitement classique	38
4.4.2	Système de traitement mécanique	38
4.4.3	Stabilisation de la boue	39
4.4.4	Contrôle des eaux d'infiltration	39
4.5	Traitement des déchets de cyanure des mines d'or	39
4.5.1	Décomposition naturelle	40
4.5.2	Méthode de la chloration alcaline	41
4.5.3	Procédé SO_2 - air de l'Inco	41
4.5.4	Autres procédés de traitement	43

LISTE DES TABLEAUX

1	TENEURS AUTORISÉES EN SUBSTANCES NOCIVES PRESCRITES PAR LES RÈGLEMENTS SUR LES EFFLUENTS LIQUIDES DES MINES DE MÉTAUX	4
2	RÉSUMÉ: CONFORMITÉ DES MINES NOUVELLES, À PRODUCTION ACCRUE ET REMISES EN EXPLOITATION SOUMISES AUX RÈGLEMENTS EN 1982	12
3	INSTALLATIONS DE TRAITEMENT ET QUALITÉ DES EFFLUENTS DES MINES DE MÉTAUX DE LA COLOMBIE-BRITANNIQUE EN 1982	14
4	INSTALLATIONS DE TRAITEMENT ET QUALITÉ DES EFFLUENTS DES MINES DE MÉTAUX DU YUKON EN 1982	16
5	INSTALLATIONS DE TRAITEMENT ET QUALITÉ DES EFFLUENTS DES MINES DE MÉTAUX DES TERRITOIRES DU NORD-OUEST EN 1982	16
6	INSTALLATIONS DE TRAITEMENT ET QUALITÉ DES EFFLUENTS DES MINES DE MÉTAUX DE LA SASKATCHEWAN EN 1982	17
7	INSTALLATIONS DE TRAITEMENT ET QUALITÉ DES EFFLUENTS DES MINES DE MÉTAUX DU MANITOBA EN 1982	18
8	INSTALLATIONS DE TRAITEMENT ET QUALITÉ DES EFFLUENTS DES MINES DE MÉTAUX DE L'ONTARIO EN 1982	20
9	INSTALLATIONS DE TRAITEMENT ET QUALITÉ DES EFFLUENTS DES MINES DE MÉTAUX DU QUÉBEC EN 1982	23
10	INSTALLATIONS DE TRAITEMENT ET QUALITÉ DES EFFLUENTS DES MINES DE MÉTAUX DU NOUVEAU-BRUNSWICK EN 1982	25
11	INSTALLATIONS DE TRAITEMENT ET QUALITÉ DES EFFLUENTS DES MINES DE MÉTAUX DE TERRE-NEUVE EN 1982	25
12	INFLUENTS ET EFFLUENTS TYPES DES USINES DE TRAITEMENT D'EAUX DE MINE	35

1 INTRODUCTION

Le présent rapport évalue les programmes de lutte contre la pollution des eaux de l'industrie des mines de métaux du Canada depuis la publication de normes sur la qualité des effluents liquides en 1977. Il décrit: a) la loi, les règlements, les lignes directrices et les codes d'éthique environnementale (fédéraux) qui s'appliquent aux mines de métaux; b) la qualité des effluents en 1982 pour chaque mine de métal; c) les techniques de dépollution utilisées dans l'industrie minière.

Le chapitre 2 du présent rapport décrit les efforts d'Environnement Canada en vue de réduire la pollution de l'eau dans l'industrie des mines de métaux. La Loi sur les pêcheries constitue la principale base juridique du programme fédéral de dépollution des eaux. L'article 33(2) de la Loi sur les pêcheries interdit de rejeter des substances nocives dans les eaux fréquentées par le poisson. Les Règlements sur les effluents liquides des mines de métaux (RELMM) ont été adoptés en février 1977 en vertu de la Loi sur les pêcheries afin de limiter le rejet dans les eaux fréquentées par le poisson de substances nocives provenant de mines de métaux nouvelles, à production accrue ou remises en exploitation, à l'exception des mines d'or utilisant le procédé de la cyanuration. Des lignes directrices pour les mines de métaux existantes ont été publiées au même moment.

Les exigences d'Environnement Canada sont fréquemment mises en application par l'émission de licences ou de permis par les provinces ou autres organismes fédéraux. Des accords de coopération avec ces autres organismes gouvernementaux sont des éléments importants du programme du Ministère en matière de dépollution.

Le chapitre 3 indique comment chaque mine se conformait aux exigences des règlements et des directives en 1982.

Outre son rôle de réglementation, Environnement Canada favorise le développement de techniques de dépollution. Le chapitre 4 porte sur des questions comme: a) l'élimination des stériles; b) l'eau acide des mines; c) les contaminants radioactifs provenant des mines d'uranium; d) les déchets à base de cyanure provenant des mines d'or; et signale les techniques existantes.

En 1982, le Ministère a créé un comité consultatif technique pour évaluer l'état des techniques de lutte contre les déchets à base de cyanure provenant des mines d'or et pour analyser la pertinence des moyens existants pour réduire les radionucléides présents dans les effluents des mines d'uranium. La technologie de dépollution utilisée pour l'élimination des cyanures dans les effluents des mines d'or est encore à l'étape de

l'évaluation. À la suite de l'étude des effluents des mines d'uranium, Environnement Canada a conclu qu'il n'est pas nécessaire de réviser les normes du RELMM régissant le radium-226 dissous ni de prescrire des limites pour les autres radionucléides contenus dans les effluents des mines d'uranium. Environnement Canada appuie plutôt l'élaboration d'une norme pour le radium-226 total dans les effluents des mines d'uranium par la Commission de contrôle de l'énergie atomique.

2 RÈGLEMENTS ET LIGNES DIRECTRICES RELATIFS AUX EFFLUENTS LIQUIDES DES MINES DE MÉTAUX

Les règlements, les lignes directrices, le code d'éthique environnementale et les notes explicatives sur les effluents liquides des mines de métaux ont été publiés dans un seul document en 1977 par Environnement Canada, le rapport SPE 1-WP-77-1. Les règlements se trouvent dans la codification des règlements du Canada de 1978, chapitre 819 (1978 C.R.C., c. 819).

2.1 Règlements

Les règlements sur les effluents liquides des mines de métaux limitent les teneurs en:

1) Arsenic
2) Cuivre
3) Plomb
4) Nickel
5) Zinc
6) Matières totales en suspension
7) Radium-226

qui peuvent être rejetés par les mines nouvelles, à production accrue ou remises en exploitation. Ces règlements ne s'appliquent pas aux mines d'or qui utilisent le procédé de la cyanuration, et ils prévoient également l'abaissement de la limite du pH. Le tableau 1 indique les teneurs autorisées en substances nocives et les pH prescrits dans les règlements.

Dans ces règlements, le terme "mine" comprend l'ensemble des installations d'extraction et de préparation du minerai et toutes les installations connexes, fonderies, ateliers de bouletage ou de frittage, affineries, fabriques d'acide et autres du même genre, dont les effluents sont combinés à ceux des installations d'extraction et de préparation du minerai. "Mine nouvelle" désigne une mine dont la production industrielle a débuté le 25 février 1977 ou après cette date. "Mine à production accrue" désigne une mine existante dont la production a été accrue de plus de 30 p. 100 après le 25 février 1977. Enfin, "mine remise en exploitation" désigne une mine dont la production a repris le 25 février 1977 ou après cette date, et qui n'avait pas été exploitée pendant plus de deux mois au cours des douze mois précédant immédiatement cette date.

Le rejet de polluants dans les effluents des mines de métaux dépend souvent, entre autres: a) des caractéristiques naturelles du minerai; b) de débits incontrôlables d'eau dans la mine, les terrils ou les bassins de stériles. Par conséquent, il n'existe aucun

TABLEAU 1 TENEURS AUTORISÉES EN SUBSTANCES NOCIVES PRESCRITES PAR LES RÈGLEMENTS SUR LES EFFLUENTS LIQUIDES DES MINES DE MÉTAUX

Partie 1 Teneurs autorisées en substances nocives

Article	Substance	Colonne I Teneur maximale autorisée Moyenne arithmétique mensuelle	Colonne II Teneur maximale autorisée pour un échantillon composite	Colonne III Teneur maximale autorisée pour un échantillon pris au hasard
1	Arsenic	0,5 mg/l	0,75 mg/l	1,0 mg/l
2	Cuivre	0,3 mg/l	0,45 mg/l	0,6 mg/l
3	Plomb	0,2 mg/l	0,3 mg/l	0,4 mg/l
4	Nickel	0,5 mg/l	0,75 mg/l	1,0 mg/l
5	Zinc	0,5 mg/l	0,75 mg/l	1,0 mg/l
6	Matières totales en suspension	25,0 mg/l	37,5 mg/l	50,0 mg/l
7	Radium-226	10,0 pCi/l	20,0 pCi/l	30,0 pCi/l

Remarque: Les teneurs ci-dessus représentent des valeurs totales, sauf dans le cas du radium-226 dont l'échantillon traverse un filtre à pores de 3 microns.

Partie 2 Valeurs de pH autorisées

Paramètre	Colonne I pH minimal autorisé Moyenne arithmétique mensuelle	Colonne II pH minimal autorisé pour un échantillon composite	Colonne III pH minimal autorisé pour un échantillon pris au hasard
pH	6,0	5,5	5,0

Remarque: Les teneurs acceptables indiquées dans les Lignes directrices concernant les effluents liquides des mines de métaux ont les mêmes valeurs numériques que les teneurs maximales autorisées en substances nocives.

rapport direct entre la production des mines et la quantité de substances nocives qui peuvent être rejetées. Les stériles ou résidus d'une mine abandonnée peuvent également continuer à rejeter des quantités considérables de substances nocives après la fin des opérations d'extraction et de préparation du minerai. Les limites imposées dans les règlements et les lignes directrices concernant les effluents liquides des mines de métaux sont donc basées sur les teneurs en substances nocives des effluents plutôt que sur la production des mines.

2.2 Lignes directrices

Les Lignes directrices concernant les effluents des mines de métaux existantes s'appliquent à toutes les mines de métaux en activité avant 1977, à l'exception des mines d'or utilisant la cyanuration. Ces lignes directrices contiennent les mêmes limites numériques que les règlements en matière de substances nocives. Bien que ces lignes directrices n'aient pas force de loi, elles indiquent les teneurs en polluants des effluents considérées par Environnement Canada comme respectant l'esprit de la loi. La non-observation de ces lignes directrices n'est pas une offense en soi, mais une mine existante qui ne s'y conformerait pas pourrait contrevenir à l'article 32(2) de la Loi sur les pêcheries. Une mine peut également être obligée légalement d'observer les lignes directrices si un organisme gouvernemental lui impose ces limites au moment de la délivrance d'un permis ou d'une licence en vertu d'une autre loi.

Environnement Canada a également élaboré des Lignes directrices concernant le contrôle de la létalité aiguë des effluents liquides des mines de métaux qui prescrivent un bio-essai selon lequel des poissons (truites arc-en-ciel) sont exposés à un effluent pendant 96 heures. Si 50 p. 100 des poissons survivent, l'effluent est considéré comme non nocif. L'essai de toxicité mesure l'effet cumulatif à court terme sur le poisson de toute substance nocive contenue dans un effluent. Bien que cet essai ne soit pas conçu pour simuler le milieu récepteur naturel ni pour mesurer les effets sublétaux sur les poissons, il n'en constitue pas moins un test biologique normalisé qui permet d'obtenir une certaine indication de l'impact possible de l'effluent sur la vie aquatique.

2.3 Code d'éthique

Un Code d'éthique environnementale pour les mines a également été élaboré et publié avec les règlements et les lignes directrices. Ce code est un document technique qui fait des recommandations sur la conception et l'exploitation d'installations de broyage

et de préparation du minerai du point de vue de la dépollution de l'eau. Ce document identifie ce qu'Environnement Canada considère comme de bonnes techniques de dépollution de l'eau.

2.4 Bases techniques des règlements

Les limites numériques prescrites dans les règlements et les lignes directrices sont fondées sur l'application de la "meilleure technique pratique", c'est-à-dire la dépollution à la source grâce à l'application d'une technique commerciale à la fois techniquement et économiquement viable. L'effluent traité par l'application de cette "meilleure technique pratique" doit pouvoir être conforme aux exigences des Lignes directrices concernant le contrôle de la létalité aiguë des effluents liquides des mines de métaux dans la plupart des cas. Les organismes provinciaux peuvent imposer leurs propres exigences en matière d'effluents s'ils le désirent, auquel cas la compagnie doit se conformer aux normes (fédérales ou provinciales) les plus strictes.

2.5 Application

Environnement Canada et Pêches et Océans Canada coopèrent avec les organismes environnementaux des provinces et des territoires en vue de l'application des règlements et des lignes directrices concernant les effluents liquides des mines de métaux. Le gouvernement fédéral cherche à faire appliquer les dispositions des règlements et des lignes directrices en faisant incorporer par les organismes provinciaux les limites fédérales en matière d'effluents dans les licences et les permis émis par les gouvernements provinciaux aux compagnies minières. Cela permet aux organismes de réglementation d'adopter une seule et même approche vis-à-vis de l'industrie.

Dans les régions côtières où le gouvernement fédéral administre les pêches, Environnement Canada et Pêches et Océans Canada participent plus directement à l'examen des demandes de licences et de permis provinciaux pour s'assurer que les exigences fédérales sont observées. Lorsque des pêches gérées par le gouvernement fédéral peuvent être considérablement affectées par des opérations minières, les organismes fédéraux peuvent traiter directement avec la compagnie pour régler des problèmes propres aux pêches.

Des licences sont émises aux mines d'uranium en vertu de la Loi sur le contrôle de l'énergie atomique et Environnement Canada collabore étroitement avec la Commission du contrôle de l'énergie atomique pour l'application des règlements et des lignes

directrices concernant les mines d'uranium. Les normes sur les effluents contenues dans les règlements sont incluses dans les licences d'exploitation des usines d'extraction émises par la Commission. Au Yukon et dans les Territoires du Nord-Ouest, Environnement Canada collabore étroitement avec les commissions de l'eau et le ministère des Affaires indiennes et du Nord pour l'émission des licences en vertu de la Loi sur les eaux intérieures du Nord.

2.6 Exigences en matière de contrôle et de présentation de rapports

Les Règlements et Lignes directrices concernant les effluents liquides des mines de métaux contiennent des dispositions relatives au contrôle et à la présentation de rapports au Ministre, aux articles 6 à 10. L'article 11 porte sur les variantes possibles des processus de contrôle et de présentation des rapports. Ces dispositions permettent généralement l'utilisation d'un seul plan de contrôle et de compte rendu en vue d'assurer la conformité aux exigences provinciales et à celles de la Loi sur les pêches (et autres exigences fédérales). Les modifications de 1977 apportées à la Loi sur les pêcheries comprennent l'article 33(14) qui permet une souplesse additionnelle en ce qui a trait aux exigences en matière de vérification et de compte rendu.

L'annexe 2 des Règlements et Lignes directrices concernant les effluents liquides des mines de métaux définit la fréquence d'échantillonnage et d'analyse des paramètres des effluents. Les entreprises d'extraction doivent échantillonner et vérifier leurs effluents et rendre compte des résultats aux organismes gouvernementaux de façon régulière. Il est de pratique courante que la compagnie minière soumette des rapports périodiques sur la vérification à l'organisme environnemental provincial qui transmet lui-même l'information à Environnement Canada. Les détails de ces arrangements varient selon les provinces. Des arrangements semblables existent entre Environnement Canada et les autres organismes fédéraux.

2.7 Désignation des dépôts de stériles

Un dépôt de stériles proposé peut comprendre, à l'intérieur de ses limites, un petit bassin ou petit lac fréquenté par certaines espèces de poisson. Lorsque ces poissons ne constituent pas un peuplement important, le ministre de Pêches et Océans Canada peut désigner cet endroit comme un dépôt de stériles en vertu de l'alinéa 5(2) des Règlements sur les effluents liquides des mines de métaux. Deux dépôts de stériles ont été désignés depuis 1977, date d'entrée en vigueur de ces règlements.

a) Lac Anderson, près de Snow Lake au Manitoba pour l'usine de Snow Lake de Hudson Bay Mining and Smelting Co. Ltd.

b) Lac Garrow sur la Petite île Cornwallis dans les Territoires du Nord-Ouest pour la mine Polaris de Cominco Ltd.

Les Règlements sur les effluents liquides des mines de métaux s'appliquent toujours à la qualité finale de l'effluent à sa sortie du dépôt de stériles.

2.8 Élimination des stériles dans un endroit non remblayé

La politique d'Environnement Canada en ce qui a trait à l'élimination des stériles dans un endroit non remblayé est décrite de la façon suivante dans le code d'éthique environnementale pour les mines.

> **6.1** Les résidus ne devraient pas être déversés dans un endroit non remblayé à moins qu'il soit impraticable de construire des remblais ou que le stockage sans remblais soit préférable du point de vue écologique.
> **6.2** Les règlements fédéraux relatifs aux effluents miniers n'autorisent pas le stockage sans remblais pour les nouvelles mines. Cependant, lorsqu'il peut être démontré que le stockage sans remblais est plus pratique et préférable du point de vue écologique, on peut obtenir un règlement distinct pour chaque chantier afin d'en permettre l'usage.

Les huit mines qui éliminaient leurs stériles dans les lacs, les rivières ou les mers en 1982 sont identifiées aux tableaux 3 et 11. Toutes, à l'exception de la mine AMAX/Kitsault, sont entrées en opération avant 1977 et doivent se conformer aux Lignes directrices concernant les effluents liquides des mines de métaux plutôt qu'aux règlements.

Depuis 1977, l'élimination des stériles dans un endroit non remblayé a été approuvée dans un seul cas. Le Règlement sur les rejets de stériles dans le bras Alice (P.C. 1979-1112, 4 avril 1979; DORS/79-345) autorise la compagnie AMAX du Canada Ltd. à déposer les stériles de la mine Kitsault dans le bras Alice en Colombie-Britannique, moyennant des conditions spéciales. AMAX a réouvert la mine Kitsault en avril 1981, mais celle-ci a été fermée en novembre 1982 pour une période indéterminée.

2.9 Révision des règlements

Environnement Canada révise périodiquement ses règlements et lignes directrices. En 1982, le Ministère a réuni un comité consultatif technique et des groupes de travail connexes pour évaluer l'état actuel des techniques de contrôle des effluents provenant des mines d'or et pour réviser les contrôles existants en matière de radionu-

cléides des mines d'uranium. Ce comité et ses groupes de travail sont composés de représentants de l'industrie et d'organismes des gouvernements fédéral et provinciaux. Une note à cet effet a été publiée dans la partie I de la Gazette du Canada le 12 juin 1982.

Les règlements et les lignes directrices concernant les effluents liquides des mines de métaux ne s'appliquent pas aux mines d'or qui utilisent le procédé de cyanuration. Au moment de la rédaction de ces règlements, aucune technique sur laquelle on aurait pu baser ces règlements n'avait fait ses preuves pour le traitement des effluents contenant des cyanures. Le groupe de travail sur les mines d'or élabore également des recommandations en vue de la préparation de méthodes analytiques types. L'analyse du cyanure est compliquée, particulièrement lorsqu'il faut mesurer de faibles teneurs en diverses espèces de cyanure.

Dans le cas des mines d'uranium, le radium-226 dissous est le seul paramètre radioactif prescrit par les règlements et lignes directrices concernant les effluents des mines de métaux. Des données additionnelles ont été obtenues au cours des dernières années en ce qui a trait au radium-226 total et à d'autres radionucléides contenus dans les effluents des mines d'uranium. Le comité et le groupe de travail sur les mines d'uranium ont évalué l'efficacité des systèmes de traitement actuels et les teneurs en radionucléides, notamment le plomb-210, le polonium-210, le thorium-230, le thorium-232, le radium-226 et l'uranium libérés par ces mines. Étant donné que rien n'indique que les effluents des mines d'uranium conformes aux normes prescrites par les règlements actuels ont quelque effet nocif notable sur les poissons, l'habitat du poisson ou la consommation du poisson par l'homme, Environnement Canada a conclu qu'il n'était pas nécessaire de réviser la norme actuelle en matière de radionucléides dans le cas du radium dissous ni d'ajouter de nouvelles normes pour les autres radionucléides.

Environnement Canada appuiera la Commission de contrôle de l'énergie atomique pour l'élaboration d'une norme s'appliquant au radium-226 total pour les mines d'uranium en vertu de la Loi sur le contrôle de l'énergie atomique qui ne se limite pas aux répercussions reliées à la consommation du poisson. Cette norme doit être incluse dans les licences d'exploitation d'installations minières délivrées aux compagnies d'extraction de l'uranium.

3 DONNÉES DE CONFORMITÉ

3.1 Collecte des données

Les données utilisées au cours de la rédaction du présent rapport ont été obtenues principalement grâce aux accords de coopération entre les organismes fédéraux et provinciaux. Ces données proviennent de plusieurs sources. Les données recueillies et analysées par les compagnies minières constituent la principale source. La fréquence à laquelle ces données ont été analysées et diffusées dépend des exigences des organismes de réglementation. Il y a également les résultats de vérifications et d'analyses indépendantes faites périodiquement par les organismes gouvernementaux.

3.2 Résumé national

Le tableau ci-dessous indique le nombre de mines qui ont dépassé les diverses limites des paramètres prescrites par les règlements et les lignes directrices en 1982. Une mine peut dépasser les limites de plusieurs paramètres et apparaître plus d'une fois dans cette liste.

	Nombre de mines qui ont dépassé les limites autorisées en 1982	
Paramètre	Mines soumises aux règlements	Mines soumises aux lignes directrices
Arsenic	0	2
Cuivre	3	8
Plomb	0	7
Nickel	0	4
Zinc	3	22
Matières totales en suspension	3	16
pH	1	4
Radium-226	0	1

Ces statistiques sont basées sur des données dont la fréquence varie grandement d'une mine à l'autre. Une mine qui dépasse les limites moyennes mensuelles au cours

d'un mois de 1982 est considérée comme ne se conformant pas aux exigences. Certaines mines peuvent avoir dépassé ces limites mensuelles seulement à l'occasion, mais elles se sont tout de même conformées aux exigences pendant la majeure partie de l'année.

Le tableau 2 résume l'état et la fréquence de conformité, en 1982, de 20 exploitations minières soumises aux Règlements sur les effluents liquides des mines de métaux. Parmi ces 20 exploitations, 3 ne se sont conformées aux règlements pendant au moins une partie de l'année 1982. Parmi les 113 exploitations soumises aux Lignes directrices concernant les effluents liquides des mines de métaux, 71 ont respecté les exigences pendant toute l'année 1982, bien que les données sur les effluents aient été limitées dans certains cas.

3.3 Données pour chaque mine

Les tableaux 3 à 11 donnent la liste par province et territoire de toutes les mines auxquelles s'appliquaient les règlements et les lignes directrices concernant les effluents liquides des mines de métaux en 1982. Au cours de l'année 1982, aucune mine de métaux n'était en exploitation en Alberta, en Nouvelle-Écosse ni dans l'Île-du-Prince-Édouard.

La première colonne de ces tableaux donne le nom de la mine, le nom de la compagnie et son emplacement approximatif. Les noms des compagnies ont été abrégés en omettant "Mines" "Corporation", "Limitée" etc. Le nom de la compagnie mère ou de la direction est également donné.

La deuxième colonne énumère:

a) les métaux produits (les sous-produits sont entre parenthèses);

b) la capacité nominale de chaque usine en tonnes de minerai par jour (t/d), ou dans le cas des mines qui expédient leur minerai dans une autre usine située ailleurs, la quantité moyenne de minerais produits par la mine;

c) la méthode d'extraction (souterraine ou à ciel ouvert).

La troisième colonne décrit les installations de dépollution des eaux et la quatrième présente les données sur la qualité annuelle moyenne des effluents liquides (ou les données types lorsqu'il n'y a pas suffisamment de données). La cinquième colonne indique si la mine se conforme aux exigences des règlements ou des lignes directrices, ainsi que les résultats des essais de toxicité.

Les effluents des opérations minières ne contiennent pas nécessairement des teneurs mesurables pour les paramètres des métaux stipulés dans les lignes directrices.

TABLEAU 2 RÉSUMÉ: CONFORMITÉ DES MINES NOUVELLES, À PRODUCTION ACCRUE ET REMISES EN EXPLOITATION SOUMISES AUX RÈGLEMENTS EN 1982

Nom Province	État d'exploitation	Fréquence de conformité	Commentaires
1. Afton Mines (Teck Corp) C.-B.	Mine nouvelle, 1978	100 %	Aucun effluent superficiel
2. Equity Silver (Placer Development) C.-B.	Mine nouvelle, 1980	Non conforme de janvier à mai, conforme en juin, dépassait parfois les limites quotidiennes de juillet à septembre, conforme d'octobre à décembre	Les eaux acides du drainage de surface n'étaient pas conformes aux règlements avant la mise en marche du système de traitement vers le milieu de 1982; ces eaux dépassaient les valeurs relatives au cuivre et au pH.
3. Erickson Gold, C.-B.	Mine nouvelle, 1980	100 %	Aucun effluent superficiel
4. Highmont (Teck Corp) C.-B.	Mine nouvelle, 1980	100 %	Aucun effluent superficiel
5. Kitsault (Amax) C.-B.	Mine à production accrue, remise en exploitation en 1981	Pour l'essentiel, 100 %	Conforme au Règlement sur les rejets de stériles dans le bras Alice; le RELMM ne s'applique pas.
6. Lornex (Rio Algom) C.-B.	Mine à production accrue, 1981	100 %	Aucun effluent superficiel
7. Ruth Vermont C.-B.	Mine remise en exploitation, 1981	Conforme lorsque échantillonnée	Données réduites (cessation des activités en 1982)
8. Tauras, C.-B.	Mine nouvelle, 1981	100 %	Aucun effluent superficiel
9. Polaris (Cominco) T.N.-O.	Mine nouvelle, 1982	100 %	Rejets durant l'été seulement
10. Amok Saskatchewan	Mine nouvelle, 1980	100 %	
11. Trout Lake Mine (HBMS) Manitoba	Mine nouvelle, nov. 1982	Non conforme pour ce qui est du zinc et des MTS	
12. Spruce Point Mine (HBMS) Manitoba	Mine nouvelle, 1982	11 mois sur 12	Dépassait les limites relatives au zinc, au cuivre et aux MTS en septembre.
13. Snow Lake Mill (HBMS) Manitoba	Mine nouvelle, 1979	100 %	Rejets de mai à juillet, ainsi qu'en octobre et novembre 1982
14. Denison, Ont.	Mine à production accrue, 1982	100 %	
15. Panel Mine (Rio Algom) Ont.	Mine remise en exploitation, 1979	100 %	
16. Quirke Mine (Rio Algom) Ont.	Mine à production accrue, 1978	100 %	
17. Agnew Lake (Kerr Addison) Ont.	Mine nouvelle, 1977	100 %	Fermeture définitive en 1983
18. Selbaie (Selco) Québec	Mine nouvelle, 1981	100 %	Données restreintes
19. Mine Corbet (Division du lac Dufault de Corp. Falconbridge Copper) Québec	Mine nouvelle, 1981	Conforme lorsque échantillonnée	Données restreintes (2 visites par les SPE)
20. Mine Cooke (Division Opemiska de Corp. Falconbridge Copper) Québec	Mine nouvelle, 1977	Conforme lorsque échantillonnée	Effluent par intermittence; aucun effluent au moment des visites (2 visites) du SPE.

Les métaux se trouvent généralement dans le minerai sous forme de minéraux insolubles. S'il n'y avait pas d'eau de mine acide, les effluents ne contiendraient que de faibles teneurs en métaux.

Pour simplifier la présentation des données dans le présent rapport, les teneurs en métaux inférieures à 0,01 milligramme par litre (mg/l) ne sont pas signalées dans les tableaux. La lettre "L" indique que l'analyse a été faite, mais que la teneur est inférieure à 0,01 mg/l pour le paramètre en question, ou dans certains cas, inférieure à la limite de détection d'une méthode analytique donnée. De telles teneurs sont très inférieures aux limites permises par le règlements et les lignes directrices. Les teneurs en matières totales en suspension (MTS) inférieures à 5 mg/l sont seulement indiquées par "L". Dans certains cas, il n'y a aucune donnée de 1982 pour un paramètre donné. L'organisme de réglementation peut ne pas avoir exigé de la compagnie les données de 1982 pour certains paramètres, étant donné que les données précédentes démontraient que ce paramètre n'était pas important (l'effluent étant constamment en deçà des limites permises pour ce paramètre). Cela explique l'absence de données pour certaines mines.

Comme la fréquence des vérifications varie considérablement d'une mine à l'autre, le résumé des données à la colonne 4 des tableaux ne donne qu'un aperçu général de la qualité de l'effluent. Dans certains cas, les chiffres de cette colonne représentent la moyenne d'un grand nombre de données, tandis que dans d'autres cas ils ne représentent la moyenne que d'un petit nombre d'échantillons. Les données pour le Québec sont principalement basées sur deux visites faites par Environnement Canada au cours de l'été et de l'automne de 1982, alors que des échantillons pris au hasard furent prélevés.

Les commentaires inscrits à la colonne 5 des tableaux 3 à 11 sont des observations générales fondées sur l'examen des données des effluents et d'autres informations dont dispose Environnement Canada. La colonne 5 indique si une mine est assujettie aux règlements ou aux lignes directrices et si une mine s'y est conformée. Dans le cas des mines qui sont assujetties aux règlements, la colonne 5 indique la date à laquelle une mine est entrée en opération, a accru sa production ou a été remise en exploitation.

Dans la plupart des cas, la colonne 4 donne les moyennes annuelles de la qualité de l'effluent. Cependant, les règlements et les lignes directrices indiquent les limites en termes de: a) moyenne mensuelle; b) échantillons composites quotidiens; c) échantillons pris au hasard. Environnement Canada considère la moyenne mensuelle comme la donnée la plus importante dans l'étude des dossiers sur les effluents des mines.

TABLEAU 3 INSTALLATIONS DE TRAITEMENT ET QUALITÉ DES EFFLUENTS DES MINES DE MÉTAUX DE LA COLOMBIE-BRITANNIQUE

Mine (compagnie) Emplacement	Produits (sous-produits) Capacité nominale Méthode d'extraction	Installations de traitement	Qualité des effluents liquides en 1982 — Métaux et matières solides en suspension en mg/l As Cu Ni Pb Zn MTS pH	Commentaires sur les règlements et les lignes directrices
1. Afton Mines (Teck Corp) Kamloops	Cuivre 7 600 t/d ciel ouvert	Bassin de résidus avec recyclage	Aucun effluent superficiel	Nouvelle mine 1978; se conformait aux règlements; exploitation suspendue en juin 1982
2. Beaverdell (Teck Corp) Kelowna	Argent (plomb, zinc, argent) 110 t/d souterraine	Bassin de résidus avec infiltration dans les eaux souterraines	Aucun effluent superficiel	Conforme aux lignes directrices
3. Bell Copper (Noranda) Babine Lake	Cuivre 15 500 t/d ciel ouvert	Bassin de résidus avec recyclage partiel, eau de mine chaulée	Aucun effluent superficiel avant octobre 1982 L 0,06 L L L L 7,7 (octobre-décembre 1982)	Conforme aux lignes directrices; a réussi 4 tests de toxicité sur 4; exploitation suspendue en oct. 82
4. Bethlehem Copper (Cominco) Ashcroft	Cuivre (molybdène) 18 000 t/d ciel ouvert	Bassin de résidus avec recyclage	Aucun effluent superficiel	Conforme aux lignes directrices
5. Boss Mtn (Noranda) Hendrik Lake	Molybdène 1 550 t/d souterraine	Bassin de résidus avec recyclage partiel et bassin d'épuration	0,02 16 7,1	Conforme aux lignes directrices; a réussi 3 tests de toxicité sur 3
6. Brenda (Noranda) Peachland	Molybdène, cuivre 27 000 t/d ciel ouvert	Bassin de résidus avec recyclage	Aucun effluent superficiel	Conforme aux lignes directrices
7. Craigmont (Placer Development) Merritt	Cuivre, fer 5 300 t/d ciel ouvert/ souterraine	Bassin de résidus avec recyclage	Aucun effluent superficiel	Conforme aux lignes directrices; fermé de façon permanente depuis nov. 82
8. Dankoe, Keremeos	Argent, plomb zinc (or) 400 t/d souterraine	Bassin de résidus avec infiltration dans les eaux souterraines	Aucun effluent superficiel	Conforme aux lignes directrices; exploitation minière suspendue en 1981; broyage du minerai sur demande en 1982
9. David Minerals, Ainsworth	Argent, plomb, zinc (or) 135 t/d souterraine	Aucune installation	Résidus rejetés directement dans le lac Kootenay 9,1	N'était pas conforme aux lignes directrices
10. Endako (Placer Development) Endako	Molybdène 27 000 t/d ciel ouvert	Bassin de résidus avec recyclage	Peu d'effluent de percolation provenant des bassins Bassin nº 1 L L L L L 5 7,3 Bassin nº 2 L L L L L 5 7,5	Conforme aux lignes directrices Conforme aux lignes directrices
11. Equity Silver (Placer Development) Houston	Argent, cuivre (or, antimoine) 4 500 t/d ciel ouvert	Bassin de résidus avec recyclage	Aucun effluent superficiel	Nouvelle mine 1980; bassin conforme aux règlements
		Récupération des eaux acides de drainage depuis le milieu de 1982	Drainage superficiel type avant récupération 0,4 4 0,1 0,01 3 200 3,5 Drainage superficiel type après récupération L 0,2 L L 0,3 20 7,5	Drainage superficiel des eaux acides non conforme aux règlements jusqu'à la mise en marche des installations de récupération vers le milieu de 1982; échec de 9 essais de toxicité sur 10
Note. - La valeur des données varie grandement à cause des différences dans les dates d'entrée en activité des installations de récupération; les données moyennes ne sont donc pas inscrites.				
12. Erickson Gold, Cassiar	Or sous forme de concentré de sulfure 170 t/d souterraine	Bassin de résidus avec recyclage	Aucun effluent superficiel	Nouvelle mine 1980; conforme aux règlements
13. Gibralter (Placer Development) McLeese Lake	Cuivre (molybdène) 37 000 t/d ciel ouvert	Bassin de résidus avec recyclage, bassin d'eaux de percolation avec recyclage partiel	Peu d'effluents superficiels Trop-plein intermittent du bassin de percolation Écoulement intermittent d'eaux du puits d'assèchement	Conforme aux lignes directrices; exploitation suspendue depuis juillet 1982
14. Granisle (Noranda) Babine Lake	Cuivre 12 700 t/d ciel ouvert	Bassin de résidus avec recyclage	Aucun effluent superficiel	Conforme aux lignes directrices

TABLEAU 3 (suite)

Mine (compagnie) Emplacement	Produits (sous-produits) Capacité nominale Méthode d'extraction	Installations de traitement	Qualité des effluents liquides en 1982 — Métaux et matières solides en suspension en mg/l As Cu Ni Pb Zn MTS pH	Commentaires sur les règlements et les lignes directrices
15. Granduc (Canada Wide Mines, Esso Minerals) Stewart	Cuivre 3 600 t/d souterraine	Aucune installation	Résidus rejetés directement dans un cours d'eau glacial, 35 km en amont du lac Bowser	Non conforme aux lignes directrices; 1 essai de toxicité sur 1 réussi; fermé en avril 1984
16. Highmont (Teck Corp) Logan Lake	Cuivre (molybdène) 22 700 t/d ciel ouvert	Bassin de résidus avec recyclage	Aucun effluent superficiel	Nouvelle mine (1981); conforme aux règlements
17. Island Copper (Utah) Port Hardy	Cuivre (molybdène) 39 000 t/d ciel ouvert	Résidus épaissis avant d'être rejetés dans la mer, recyclage partiel	Résidus rejetés directement dans l'inlet Ruppert	Non conforme aux lignes directrices
18. Kitsault (AMAX of Canada) Kitsault	Molybdène 10 900 t/d ciel ouvert	Rejet de résidus en eau profonde	Résidus rejetés directement dans le bras Alice. Dépôt de résidus autorisé par les Règlements sur les rejets de résidus dans le bras Alice	Mine à production arrêtée et remise en exploitation en 1981; presque toujours conforme aux règlements de FAOTD; 15 essais de toxicité sur 11 réussis
19. Lornex (Rio Algom) Logan Lake	Cuivre (molybdène) 73 000 t/d ciel ouvert	Bassin de résidus avec recyclage	Aucun effluent superficiel	Mine à production arrêtée depuis 1982; conforme aux règlements
20. Northair, Squamish	Or, argent, plomb, zinc 300 t/d souterraine	Bassin de résidus avec recyclage partiel, chloration alcaline pour l'élimination des cyanures, bassin de décantation pour les eaux de mine	Bassin de résidus L 0,09 L 0,03 0,03 9,6 Eaux de mine 0,01 L 0,05 0,1 7,8 (Données incomplètes, l'exploitation ayant cessé)	Conforme aux lignes directrices; cessation des activités en juin 1982
21. Ruth Vermont, Golden	Argent, plomb, zinc 450 t/d souterraine	Bassin de résidus avec recyclage partiel	L 0,07 L L 0,04 L 8,1 (Données partielles, l'exploitation ayant cessé)	Registre des activités en 1981; conforme aux règlements; cessation des activités en 1982
22. Silvana (Dickenson) New Denver	Cuivre 120 t/d souterraine	Bassin de résidus avec infiltration dans les eaux souterraines	0,2 0,1 0,7 40 7,4	Dépasse souvent les limites pour le zinc, parfois pour le cuivre et les MTS
23. Similkameen (Newmont) Princeton	Cuivre 18 000 t/d ciel ouvert	Bassin de résidus avec recyclage	Aucun effluent superficiel	Conforme aux lignes directrices
24. Sullivan (Cominco) Kimberley	Plomb, zinc (argent, cadmium étain, antimoine) 5 800 t/d souterraine	Bassins de résidus, bassins de décantation, installation de traitement des eaux acides, bassin d'évaluation des boues	Effluent de l'installation de traitement L 0,04 0,09 0,2 17 9,0	Conforme aux lignes directrices
25. Taurus (United Hearne Res) Cassiar	Or sous forme de concentré de sulfure 135 t/d souterraine	Bassin de résidus et bassin de décantation avec recyclage	Aucun effluent de surface	Nouvelle mine (1981); conforme aux règlements
26. Wesfrob (Falconbridge) Tasu, Queen Charlotte Isl.	Cuivre, fer 5 400 t/d souterraine	Aucune installation	Résidus rejetés directement dans la baie Tasu	Non conforme aux lignes directrices; cessation des activités en nov. 83
27. Westmin Resources Campbell River	Cuivre, plomb, zinc (argent, or) 850 t/d souterraine	Chloration alcaline pour l'élimination des cyanures, traitement des eaux de mine acides, bassin de résidus à épandage en couches en 1984	Résidus fins rejetés directement dans le lac Buttle jusqu'en juillet 1984; résidus grossiers utilisés pour le remblayage Bassin de traitement Myra L 0,03 L L 0,30 8 9,6 Bassin de traitement Lynx L 0,15 L L 0,30 12 10,7	Les effluents des bassins étaient presque toujours conformes aux lignes directrices; le bassin Myra a réussi 3 essais de toxicité sur 3 et le bassin Lynx a réussi 12 essais de toxicité sur 16.

L = inférieur à 0,01 mg/l pour les métaux ou inférieur à 3 mg/l pour les matières totales en suspension.

TABLEAU 4 INSTALLATIONS DE TRAITEMENT ET QUALITÉ DES EFFLUENTS DES MINES DE MÉTAUX DU YUKON EN 1982

Mine (compagnie) Emplacement	Produits (sous-produits) Capacité nominale Méthode d'extraction	Installations de traitement	Qualité des effluents liquides en 1982 — Métaux et matières solides en suspension en mg/l							Commentaires sur les règlements et les lignes directrices
			As	Cu	Ni	Pb	Zn	MTS	pH	
1. Cyprus Anvil (Dome Petroleum) Faro	Plomb, zinc (argent) 9 000 t/d ciel ouvert	Bassin de résidus		0,02		0,2	0,3	110	8,3	Dépassait parfois les lignes directrices pour le plomb, le zinc et les MTS; a réussi 5 tests de toxicité sur 8; cessation des activités en juillet 82
2. United Keno Hill (Falconbridge) Elsa	Argent, plomb zinc (cadmium) 400 t/d souterraine/ ciel ouvert	Bassin de résidus chloration alcaline		0,1		0,03	0,4	12	8,1	Dépassait parfois les lignes directrices concernant le zinc; a réussi 10 tests de toxicité sur 11; cessation des activités en juillet 82
3. Whitehorse Copper (Hudson Bay M & S) Whitehorse	Cuivre 1 800 t/d souterraine	Bassin de résidus avec exfiltration et recyclage partiel	Aucun rejet superficiel							Conforme aux lignes directrices; cessation définitive des activités en déc. 82

L = inférieur à 0,01 mg/l pour les métaux ou inférieur à 5 mg/l pour les matières totales en suspension.

TABLEAU 5 INSTALLATIONS DE TRAITEMENT ET QUALITÉ DES EFFLUENTS DES MINES DE MÉTAUX DES TERRITOIRES DU NORD-OUEST EN 1982

Mine (compagnie) Emplacement	Produits (sous-produits) Capacité nominale Méthode d'extraction	Installations de traitement	Qualité des effluents liquides en 1982 — Métaux et matières solides en suspension en mg/l							Commentaires sur les règlements et les lignes directrices
			As	Cu	Ni	Pb	Zn	MTS	pH	
1. Canada Tungsten (AMAX) Tungsten	Tungsten (cuivre) 900 t/d souterraine	Bassin de résidus avec exfiltration	Aucun effluent superficiel							Conforme aux lignes directrices
2. Echo Bay Port Radium Great Bear Lake	Argent, cuivre 110 t/d souterraine	Bassin de résidus traitement au $BaCl_2$ pour l'enlèvement du Ra-226	0,1	0,02	0,2	0,1	0,05	L	7,9	Dépassait parfois les lignes directrices concernant le plomb; 1 test de toxicité sur 1 raté; l'extraction minière a cessé en nov. 81; le broyage du minerai a cessé en mars 82
			Ra-226 14 pCi/l							
3. Nanisivik (Mineral Resources International) Baffin Island	Plomb, zinc 1 800 t/d souterraine	Bassin de résidus avec recyclage partiel		L		L	0,06	L	10,7	Conforme aux lignes directrices
			Rejets seulement au cours de l'été							
4. Pine Point (Cominco) Pine Point	Plomb, zinc 9 000 t/d ciel ouvert	Bassin de résidus		0,1		0,05	0,3	L	10,0	Conforme aux lignes directrices
			Rejets cinq mois par année (mai à octobre)							
5. Polaris (Cominco) Little Cornwallis Island	Plomb, zinc 2 275 t/d souterraine	Résidus épaissis avant déversement dans un bassin de résidus		L		L	0,02	L		Conforme aux règlements
			Rejets seulement au cours de l'été							
6. Terra Camsell River	Argent, cuivre (bismuth) 180 t/d souterraine	Bassin de résidus	0,1	L	0,02	0,01	0,01	7	7,4	Conforme aux lignes directrices
			Rejets seulement six mois par année							

L = inférieur à 0,01 mg/l pour les métaux ou inférieur à 5 mg/l pour les matières totales en suspension.

TABLEAU 6 INSTALLATIONS DE TRAITEMENT ET QUALITÉ DES EFFLUENTS DES MINES DE MÉTAUX DE LA SASKATCHEWAN EN 1982

Mine (compagnie) Emplacement	Produits (sous-produits) Capacité nominale Méthode d'extraction	Installations de traitement	Qualité des effluents liquides en 1982 — Métaux et matières solides en suspension en mg/l							Commentaires sur les règlements et les lignes directrices
			As	Cu	Ni	Pb	Zn	MTS	pH	
1. Cluff Lake (Amok)	Uranium 1 800 000 kg de U_3O_8 par année ciel ouvert	Bassin de résidus, traitement au $BaCl_2$,* décantation avec filtration pour la récupération du Ra-226	Traitement secondaire L	L	0,03	0,03	0,04	10	7,1	Conforme aux règlements**
			Ra-226 total: 5,5 pCi/l							
2. Eldor (Eldorado Nuclear) Rabbit Lake	Uranium 1 800 t de minerai broyé par jour (2 000 000 kg de U_3O_8 par année) ciel ouvert	Bassin de résidus, traitement au $BaCl_2$,* sédimentation et filtration pour l'enlèvement du Ra-226	Bassin de précipitation L	0,03	0,3	0,2	0,02	7	7,7	Dépassait parfois les limites des lignes directrices pour le plomb et le radium-226
			Ra-226 dissous: 2,7 pCi/l Ra-226 total: 9,7 pCi/l							
			Drainage de la route de l'aéroport L	L	L	0,02	0,03	29	8,4	Dépassait parfois les limites des lignes directrices pour le radium-226 et les MTS
			Ra-226 dissous: 9,6 pCi/l							
3. Beaverlodge (Eldorado Nuclear) Uranium City	Uranium 2 000 t de minerai broyé par jour (650 000 kg de U_3O_8 par année) souterraine	Bassin de résidus, traitement au $BaCl_2$* pour l'élimination du Ra-226	Émissaire du lac Meadow L	0,02	L	L	L	6	8,4	Conforme aux lignes directrices**
			Ra-226 total: 6,1 pCi/l							

L = inférieur à 0,01 mg/l pour les métaux ou inférieur à 5 mg/l pour les matières totales en suspension.

* Le traitement au $BaCl_2$ inclut ordinairement l'addition de chaux, à moins que l'effluent ne soit déjà suffisamment alcalin.

** La vérification des teneurs en radium-226 à Cluff Lake et Beaverlodge est exprimée en radium-226 total plutôt qu'en radium-226 dissous tel que prescrit par les lignes directrices. Lorsque le radium-226 total dépasse 10 pCi/l, le radium-226 dissous peut dépasser ou non 10 pCi/l. En novembre 1982, la mine de Cluff Lake avait une moyenne mensuelle de radium-226 total de 15,7 pCi/l. En mai 1982, la moyenne mensuelle de la mine de Beaverlodge était de 16,2 pCi/l. Il n'y a aucune donnée sur le radium-226 dissous en 1982.

TABLEAU 7 INSTALLATIONS DE TRAITEMENT ET QUALITÉ DES EFFLUENTS DES MINES DE MÉTAUX DU MANITOBA EN 1982

Mine (compagnie) Emplacement	Produits (sous-produits) Capacité nominale Méthode d'extraction	Installations de traitement	Qualité des effluents liquides en 1982 — Métaux et matières solides en suspension en mg/l As	Cu	Ni	Pb	Zn	MTS	pH	Commentaires sur les règlements et les lignes directrices
1. Hudson Bay Mining & Smelting Flin Flon Mill	Cuivre, zinc (or, argent) 7 700 t de minerai broyé par jour	Bassin de résidus avec addition de chaux	L	0,05	L	L	0,4	6	10,3	Dépassait parfois les limites des lignes directrices s'appliquant au zinc
Mines HBMS (toutes souterraines) fournissant le minerai à l'usine de Flin Flon										
a) Flin Flon Mine	2 270 t/d	Effluent dirigé vers le bassin de résidus de l'usine de préparation								
b) White Lake Mine	490 t/d	Sédimentation dans un puisard souterrain	L	0,1	L	0,03	0,64	16	8,3	Dépassait parfois les limites des lignes directrices s'appliquant au zinc et aux MTS; cessation des activités en déc. 82
c) Westarm Mine	680 t/d	Bassin de décantation des eaux de mine	L	L	L	L	0,6	13	7,6	Parfois au-delà des limites des lignes directrices s'appliquant au zinc
			Rejets d'octobre à décembre seulement							
d) Centennial Mine	800 t/d	Sédimentation dans un puisard souterrain	0,04	0,4	L	0,04	2,4	71	7,7	Au-delà des limites des lignes directrices dans le cas du zinc et des MTS; parfois au-delà dans le cas du cuivre
e) Trout Lake Mine	1 625 t/d	Bassin de décantation avec recyclage partiel	L	0,3	L	L	1,0	240	8,4	Mine nouvelle, fin 1981; au-delà des limites des règlements dans le cas du zinc
			Données de décembre 1982 seulement							
f) Spruce Point	636 t/d	Sédimentation dans un puisard souterrain	0,03	1,24	0,02	0,02	4,2	168	7,9	Mine nouvelle, 1982; au-delà des limites s'appliquant au zinc, au cuivre et aux MTS, pendant un mois
2. Hudson Bay Mining & Smelting Snow Lake Mill	Cuivre, zinc, plomb (or, argent) 3 450 t/d de minerai broyé	Bassin de résidus avec recyclage partiel	L	L	L	L	L	5	7,1	Nouvelle mine, 1979; conforme aux règlements
Mines HBMS (toutes souterraines) fournissant le minerai à l'usine du lac Snow										
a) Stall Lake	Cuivre (or, argent) 1 100 t/d	Effluent dirigé dans le bassin de résidus (ci-dessus)								
b) Ghost Lake	Zinc (or, argent) 135 t/d	Sédimentation dans des puisards souterrains	0,01	0,05	L	0,05	5,9	9	7,6	Au-delà des limites des lignes directrices dans le cas du zinc
c) Chisel Lake	Zinc, plomb (or, argent) 725 t/d	Sédimentation dans des puisards souterrains	0,01	2,1	0,17	0,1	94	46	7,6	Au-delà des limites des lignes directrices dans le cas du zinc; parfois, dans le cas du cuivre et des MTS
d) Osborne Lake	Cuivre, zinc (or, argent) 725 t/d	Sédimentation dans des puisards souterrains	L	0,2	L	L	3,9	23	7,6	Au-delà des limites des lignes directrices dans le cas du zinc; parfois, dans le cas des MTS
e) Anderson Lake	Cuivre (or, argent) 770 t/d	Effluent dirigé vers le bassin de résidus (ci-dessus)								
3. INCO Thompson	Nickel, cuivre (or, argent, cobalt) 18 000 t/d de minerai broyé	Bassin de résidus	L	0,01	0,08	L	0,02	L	7,5	Conforme aux lignes directrices

TABLEAU 7 (suite)

Mine (compagnie) Emplacement	Produits (sous-produits) Capacité nominale Méthode d'extraction	Installations de traitement	Qualité des effluents liquides en 1982 — Métaux et matières solides en suspension en mg/l							Commentaires sur les règlements et les lignes directrices
			As	Cu	Ni	Pb	Zn	MTS	pH	
Mines INCO fournissant du minerai à l'usine Thompson										
a) Thompson Mine	5 900 t/d souterraine	Bassin de traitement du lac Thompson	0,01 (Traite plusieurs effluents, dont ceux de la fonderie et des eaux de mine du puits T-3)	0,02	1,2		0,03	9	7,5	Au-delà des limites des lignes directrices dans le cas du nickel à cause de l'effluent de la fonderie
b) Pipe Mine nº 2	5 500 t/d ciel ouvert	Sédimentation dans les puisards souterrains	L	0,04	0,14	0,02	0,03	26	7,3	Parfois au-delà des limites des lignes directrices en ce qui concerne les MTS
4. Fox Mine (Sherritt Gordon) Lynn Lake	Cuivre, zinc 2 700 t/d souterraine	Bassin de résidus, addition de chaux et bassin de décantation	L	0,03	L	0,05	0,3	L	7,5	Parfois au-delà des limites des lignes directrices en ce qui concerne le zinc
5. Ruttan Mine (Sherritt Gordon) Leaf Rapids	Cuivre, zinc 9 000 t/d ciel ouvert	Bassin de résidus avec addition de chaux et bassin de décantation, recyclage partiel	L	0,02	L	0,04	0,2	L	7,2	Conforme aux lignes directrices
6. Tantalum Mining Corp Bernic Lake	Tantale 900 t/d souterraine	Bassin de résidus avec addition de chaux et de floculant		0,02			0,02	30	7,4	Parfois au-delà des limites des lignes directrices dans le cas des MTS; arrêt en 1982 de l'extraction et de la préparation du minerai

L = inférieur à 0,01 mg/l pour les métaux ou inférieur à 5 mg/l pour les matières totales en suspension.

TABLEAU 8 INSTALLATIONS DE TRAITEMENT ET QUALITÉ DES EFFLUENTS DES MINES DE MÉTAUX DE L'ONTARIO EN 1982

Mine (compagnie) Emplacement	Produits (sous-produits) Capacité nominale Méthode d'extraction	Installations de traitement	Qualité des effluents liquides en 1982 — Métaux et matières solides en suspension en mg/l As	Cu	Ni	Pb	Zn	MTS	pH	Commentaires sur les règlements et les lignes directrices
1. Inco Sudbury	Nickel, cuivre, (cobalt, argent, or, platine) Toutes souterraines	Usine de traitement du cuivre de Cliff Creek			0,5			8	9,8	Parfois au-delà des limites des lignes directrices en ce qui concerne le nickel
		Ces installations traitent les effluents des diverses opérations listées dans la colonne 1. Les solides sont éliminés dans des bassins de résidus et le métal dissous est récupéré par une usine de traitement. L'effluent est recyclé à environ 90 %. (Voir page 32.)								
Frood-Stobie Mill	16 300 t/d									
Frood Mine	6 800 t/d									
Stobie Mine	9 000 t/d									
Little Stobie Mine	2 700 t/d									
Clarabelle Mill	32 000 t/d									
Copper Cliff South Mine	3 200 t/d									
Levack Mine	4 100 t/d									
Garson Mine	4 000 t/d									
Creighton Mine	6 800 t/d									
McCreedy West Mine	3 600 t/d									
Copper Cliff Mill	(séparation des concentrés de cuivre et de nickel produits par les usines Clarabelle et Frood-Stobie)									
Inco, Sudbury Levack Mine and McCreedy West Mine	Nickel, cuivre (cobalt, argent or, platine) (minerai expédié à l'usine Clarabelle)	Dépôt de résidus de Levack Eaux de mine rejetées dans un ancien dépôt de résidus, ajustement du pH			2,2			9	9,3	Au-delà des limites des lignes directrices s'appliquant au nickel
Usine de traitement de Nolin Creek	Ajustement du pH à l'usine de traitement de Nolin Creek; récupération du métal				0,3			9	11,7	Conforme aux lignes directrices
Garson Mine	Minerai expédié à l'usine Clarabelle	Eaux de mine épurées			0,8			8	9,7	Au-delà des limites des lignes directrices s'appliquant au nickel
Coleman Mine	(En attente)	L'effluent de la mine Coleman est recyclé à l'usine Strathcona de Falconbridge Ltd.								
Crean Hill Mine	(En attente)	Eaux de mine épurées			0,2			L	8,9	Conforme aux lignes directrices
2. Falconbridge, Sudbury Falconbridge Mill and Falconbridge Mine East	Nickel, cuivre (cobalt, argent or, platine) 2 700 t/d souterraine	Effluent final		0,07	1,0			7,5		Au-delà des limites en ce qui concerne le nickel
		Les solides sont décantés dans le bassin de résidus, les métaux dissous sont éliminés par une usine de traitement et dans un grand bassin de décantation en aval avant l'évacuation finale. L'effluent du système de traitement contient 0,4 mg/l de Ni, mais une contamination en aval du traitement a produit une teneur de 1,0 mg/l en Ni de l'effluent final.								
Strathcona Mill Strathcona Mine Fraser Mine Fecunus Mine Inco-Coleman Mine	8 200 t/d souterraines	Système de traitement de Moose Lake		0,06	0,8			L	6,7	Au-delà des limites des lignes directrices s'appliquant au nickel
		Traitement des effluents des opérations listées dans la colonne 1. Les solides sont décantés dans un bassin de résidus et les métaux dissous sont éliminés par une station d'épuration.								
Lockerby Mine	(Minerai expédié à l'usine de Strathcona)	Bassin de traitement des eaux de mine			0,2			5	8,3	Conforme aux lignes directrices
3. Adams (Dofasco) Kirkland Lake	Minerai de fer 2 900 t/d de boulettes ciel ouvert	Bassin de résidus avec recyclage partiel	L	0,01	L		0,03	12	7,5	Conforme aux lignes directrices
4. Griffith (Stelco) Red Lake	Minerai de fer 3 900 t/d de boulettes ciel ouvert	Bassin de résidus avec recyclage partiel	Effluent provenant des résidus L	0,01	0,01		0,01	8	7,7	Conforme aux lignes directrices
			Effluent des eaux de mine L	0,03	L		0,01	L	7,7	Conforme aux lignes directrices

TABLEAU 8 (suite)

Mine (compagnie) Emplacement	Produits (sous-produits) Capacité nominale Méthode d'extraction	Installations de traitement	Qualité des effluents liquides en 1982 — Métaux et matières solides en suspension en mg/l							Commentaires sur les règlements et les lignes directrices
			As	Cu	Ni	Pb	Zn	MTS	pH	
5. Sherman (Dofasco) Temagami	Minerai de fer 2 850 t/d de boulettes ciel ouvert	Bassin de résidus avec recyclage partiel	L	L	0,1	L	L	L	7,6	Conforme aux lignes directrices; un seul échantillonnage
6. Algoma Ore Division (Algoma Steel) Wawa	Minerai de fer 5 400 t/d, fritté souterraine	Bassin de résidus, neutralisation des eaux de mine		0,01	0,02	0,08	0,02	L	7,7	Conforme aux lignes directrices
7. Denison, Elliot Lake	Uranium 13 500 t/d souterraine	Bassin de résidus, traitement au $BaCl_2$* pour précipiter Ra-226	Dépôts de résidus de Long Lake							Conforme aux règlements; mine à production accrue en 1982
				L	0,08	0,02	L	L	8,8	
			Ra-226 dissous: 3,2 pCi/l							
			Ra-226 total: 39 pCi/l							
		Traitement au $BaCl_2$ pour précipiter Ra-226	Stanrock (mine fermée, mais système de traitement pour bassin inactif)							Conforme aux lignes directrices
				0,01	L	0,01	0,01	L	9,6	
			Ra-226 total: 2,9 pCi/l							
		Traitement au $BaCl_2$ pour précipiter Ra-226	Williams Lake (traitement pour bassin inactif)							Conforme aux lignes directrices
				L	L	L	L	L	9,4	
			Ra-226 dissous: 6,3 pCi/l							
8. Rio Algom Elliot Lake	Uranium									
a) Quirke Mine	4 500 t/d souterraine	Bassins de résidus, traitement au $BaCl_2$ pour précipiter Ra-226	Dépôt de résidus de Quirke							Conforme aux règlements; mine à production accrue en 1977
				0,01	0,04	0,03	0,02	5	8,1	
			Ra-226 dissous: 3,3 pCi/l							
			Ra-226 total: 50 pCi/l							
b) Panel Mine	3 300 t/d souterraine	Bassins de résidus, traitement au $BaCl_2$ pour précipiter Ra-226	Dépôt de résidus de Panel							Conforme aux règlements; remise exploitation en 1977
				0,01	0,02	0,02	0,02	L	8,9	
			Ra-226 dissous: 3,2 pCi/l							
			Ra-226 total: 16,2 pCi/l							
c) Stanleigh	(Bassin de résidus inactif)	Bassins de résidus, traitement au $BaCl_2$ pour précipiter Ra-226	Dépôts de résidus de Stanleigh							Conforme aux lignes directrices; remise en exploitation en 1982 (voir le texte, p. 34)
			Ra-226 dissous: 7,6 pCi/l					11	7,5	
			Ra-226 total: 10,6 pCi/l							
d) Nordic and Lacnor	(Bassin de résidus inactif)	Traitement au $BaCl_2$ pour précipiter Ra-226	Effluent nord de Nordic Lake (mine fermée, mais système de traitement fonctionne)							Conforme aux lignes directrices
					0,01	0,02	0,01	L	8,0	
e) Pronto	(Bassin de résidus inactif)	Traitement au $BaCl_2$ pour précipiter Ra-226	Pronto (résidus inactifs; système de traitement)							Conforme aux lignes directrices
				0,02	L	0,01	0,01	L	6,8	
			Ra-226 dissous: 1,6 pCi/l							
			Ra-226 total: 2,7 pCi/l							
9. Agnew Lake (Kerr Addison) Espanola	Uranium 65 000 kg de U_3O_8 en 1982 souterraine	Bassin de décantation pour précipiter le résidu des opérations de lessivage	Bassin de décantation (rejet du printemps 1982)							Conforme aux lignes directrices; fermeture permanente en 1983
			Ra-226 dissous: 4,8 pCi/l					5	7,7	
			Ra-226 total: 15,3 pCi/l							
10. Madawaska Mines, Bancroft	Uranium 1 350 t/d souterraine	Bassin de résidus, traitement au $BaCl_2$* pour précipiter Ra-226	Installation de traitement de l'effluent							Conforme aux lignes directrices; fermeture permanente en juin 1982
			Ra-226 total: 3 pCi/l						6,5	
11. Mattabi (Noranda) Ignace	Zinc, cuivre, plomb (argent, or) 2 700 t/d souterraine	Bassin de résidus, bassin de traitement Station d'épuration, recyclage partiel	Effluent du bassin de résidus							Au-delà des limites des lignes directrices dans le cas du zinc
			L	L	L	L	1,3	5	9,5	
			Effluent de la station d'épuration							Conforme aux lignes directrices, 2 tests de toxicité réussis sur 2
			L	L	L	L	0,4	L	2	
12. Geco (Noranda) Manitouwadge	Cuivre, zinc, plomb (argent) 4 100 t/d souterraine	Bassin de résidus avec recyclage partiel, usine de traitement de l'eau de mine acide	Effluent provenant des résidus							Conforme aux lignes directrices, 4 tests de toxicité ratés sur 4
				0,1			0,4		9,1	

* Le traitement au $BaCl_2$ inclut ordinairement l'addition de chaux à moins que l'effluent ne soit déjà suffisamment alcalin.

TABLEAU 8 (suite)

Mine (compagnie) Emplacement	Produits (sous-produits) Capacité nominale Méthode d'extraction	Installations de traitement	Qualité des effluents liquides en 1982 — Métaux et matières solides en suspension en mg/l							Commentaires sur les règlements et les lignes directrices
			As	Cu	Ni	Pb	Zn	MTS	pH	
13. Kidd Creek, Timmins	Zinc, cuivre, plomb (argent, cadmium) 12 250 t/d souterraine	Bassin de résidus, ajustement du pH, précipitation métallique, recyclage partiel	Effluent provenant des résidus							
			L	L		L	0,2	L	8,4	Conforme aux lignes directrices
			Eaux de mine							Parfois au-delà des limites des lignes directrices s'appliquant au zinc
			L				0,7		10,2	
14. Thierry (UMEX) Pickel Lake	Cuivre 3 600 t/d souterraine	Bassin de résidus avec recyclage partiel	Effluent provenant des résidus (données de 1980)							Conforme aux lignes directrices; cessation des activités en avril 1982
				0,003	0,18		0,03	L	7,5	
15. Shebandowan (INCO) Shebandowan	Cuivre, nickel 1 800 t/d souterraine	Bassin de résidus avec recyclage partiel	Effluent provenant des résidus							Conforme aux lignes directrices
				L	0,07	L	L		7,3	
16. Chromasco Haley Station	Magnésium (calcium, strontium) 450 t/d ciel ouvert	Bassin d'aération	Données de 1980					15	8,9	Conforme aux lignes directrices; les teneurs du minerai de dolomie sont réglementaires
17. Silverfields (Teck Corp) Cobalt	Argent 225 t/d souterraine	Bassin de résidus (lac Cart)	0,8	L	L	L	L	L	7,5	Au-delà des limites des lignes directrices en ce qui concerne l'arsenic
			Deux échantillons seulement							
18. Silver Division (Agnico-Eagle) Cobalt	Argent, cobalt 270 t/d souterraine	Bassin de résidus (lac Glen)	0,9	0,2	L	L	L	L	7,7	Au-delà des limites des lignes directrices en ce qui concerne l'arsenic

L = inférieur à 0,01 mg/l pour les métaux ou inférieur à 5 mg/l pour les matières totales en suspension.

TABLEAU 9 INSTALLATIONS DE TRAITEMENT ET QUALITÉ DES EFFLUENTS DES MINES DE MÉTAUX DU QUÉBEC EN 1982

Mine (compagnie) Emplacement	Produits (sous-produits) Capacité nominale Méthode d'extraction	Installations de traitement	Qualité des effluents liquides en 1982 — Métaux et matières solides en suspension en mg/l	Commentaires sur les règlements et les lignes directrices
1. Installation de broyage et usine de boulettes (Cie Iron Ore du Canada) Sept-Îles	Minerai de fer 16 000 t/d (boulettes produites à partir du minerai de Schefferville)	Bassin de résidus avec recyclage	Aucun effluent en 1982; cessation des activités en mai 81; en attente	
2. Lac Knob (Cie Iron Ore du Canada) Schefferville	Minerai de fer (expédition directe) 25 000 t/d ciel ouvert	Aucune installation	Aucun traitement du minerai; cessation définitive des activités en nov. 82	
3. Mont Wright (Québec-Cartier) Fermont	Minerai de fer 50 000 t/d de concentré ciel ouvert	Bassin de résidus avec recyclage; station d'épuration de l'eau rouge	Données de 1980 As 0,03 Cu 0,3 Ni 0,01 Pb 0,01 Zn 0,1 MTS 37	
4. Fire Lake (Sidbec-Normines, Québec-Cartier)	Minerai de fer ciel ouvert	Aucune installation	Aucun traitement du minerai à Fire Lake; minerai expédié par chemin de fer au concentrateur du lac Jeannine	
5. Concentrateur du lac Jeannine (Sidbec-Normines, Québec-Cartier) Gagnon	Minerai de fer 16 000 t/d de concentré	Résidus déposés dans une ancienne mine à ciel ouvert, recyclage partiel	Le concentré est expédié par chemin de fer à Port Cartier où il est mis en boulettes L 6,9	Conforme aux lignes directrices
6. Usine de boulettes (Sidbec-Normines) Port Cartier	Minerai de fer 16 000 t/d de boulettes	Bassin de résidus	Effluent provenant des résidus L L L 0,03 6,1 Drainage superficiel L 0,1 L 0,04	Conforme aux lignes directrices Conforme aux lignes directrices
7. Usine de boulettes de Wabush (Pickands Mather) Pointe-Noire	Minerai de fer 16 500 t/d de boulettes (concentré fourni par mine du Labrador)	Bassin de décantation	0,03 6,5	Conforme aux lignes directrices
8. Division Opemiska (Falconbridge Copper) Chapais	Cuivre (or) 2 700 t/d souterraine	Bassin de résidus, bassin d'épuration pour l'élimination des métaux, bassin de décantation	Effluent provenant des résidus 0,02 L 0,02 L 0,1 10 7,0 Eaux de la mine Perry L 1,0 0,08 L 0,6 70 7,0 Eaux de la mine Cooke: effluent intermittent (aucune donnée)	Conforme aux lignes directrices Parfois au-delà des limites dans le cas du cuivre, du zinc et des MTS Mine nouvelle, 1977
9. Division du lac Dufault (Falconbridge Copper) Noranda	Cuivre, zinc (argent, or) 1 800 t/d souterraine	Bassin de résidus, bassin d'épuration pour l'élimination des métaux, bassin de décantation pour les eaux de mine	Effluent provenant des résidus L L L 0,04 9 9,8 Eaux de la mine Corbet 0,03 L L 0,4 L 6,6	Conforme aux lignes directrices Mine nouvelle, 1980; conforme aux règlements
10. Madeleine, Gaspé	Cuivre 2 300 t/d souterraine	Bassin de résidus	0,02 0,03 0,05 6 6,5 (Août 1981 à mars 1982)	Conforme aux lignes directrices; fermeture définitive en juin 82
11. Selbaie (Selco) Joutel	Cuivre, zinc (argent) 1 350 t/d souterraine	Bassin de résidus avec recyclage partiel, bassin d'épuration	L 0,06 0,02 0,01 0,04 10 7,4	Mine nouvelle, 1981; conforme aux règlements
12. Camchib Resources, Chibougamau	Cuivre (or) 2 200 t/d souterraine	Bassin de résidus Bassin de décantation Bassin de décantation Bassin de décantation	Effluent provenant des résidus L 0,09 L L 0,1 L 7,0 Eaux de la mine de la baie Cedar L 0,03 0,04 L 0,01 L 7,4 Eaux de la mine Henderson nº 2 L 0,05 0,02 L 0,02 L 7,5 Eaux de la mine Henderson nº 1 L 0,02 0,02 L L L 7,3	Conforme aux limites des lignes directrices Conforme aux limites des lignes directrices Conforme aux limites des lignes directrices Conforme aux limites des lignes directrices

TABLEAU 9 (suite)

Mine (compagnie) Emplacement	Produits (sous-produits) Capacité nominale Méthode d'extraction	Installations de traitement	Qualité des effluents liquides en 1982 — Métaux et matières solides en suspension en mg/l							Commentaires sur les règlements et les lignes directrices
			As	Cu	Ni	Pb	Zn	MTS	pH	
13. Copper Rand (Northgate Patino Inc., Northgate Explorations) Chibougamau	Cuivre (or) 2 900 t/d souterraine (traitement du minerai de la mine de Portage)	Bassin de résidus en commun avec la mine de Camchib								
		Bassin de décantation	Eaux de la mine de Portage							
			L	L	0,04	L	L	5	7,1	Conforme aux limites des lignes directrices
		Bassin de décantation	Eaux de la mine Copper Rand							
			L	0,25	0,05	L	0,07	7	7,2	Conforme aux limites des lignes directrices
14. Lemoine (Northgate Patino) Chibougamau	Cuivre, zinc (or, argent) 3 600 t/d souterraine	Bassin de résidus avec recyclage	Aucun effluent superficiel							Conforme aux lignes directrices; fermeture en 1983
			Eaux de mine							
			L	0,75	0,04	L	6,0	5	7,1	Au-delà des limites dans le cas du cuivre et du zinc
15. Mines Gaspé (Noranda) Murdockville	Cuivre (molybdène) 30 000 t/d souterraine et ciel ouvert	Bassin de résidus avec recyclage partiel, bassin de décantation pour les eaux de mine	Effluent provenant des résidus après dilution							
				0,08	0,02	0,05	0,05	9	7,3	Conforme aux limites des lignes directrices après dilution
			Moyenne (nov. 80 - juin 82)							
16. Noranda Usine Horne Noranda	Usine Horne traitement sur demande - minerai de Chadbourne - minerai de Gallen - laitier de fonderie	Les installations de traitement traitent principalement les anciens résidus acides, non reliés directement aux opérations actuelles.								
		Le complexe de Noranda a trois effluents principaux:								
		1. Système de traitement du lac Pelletier	L	0,06	0,02	0,03	0,3	10	8,3	Conforme aux limites des lignes directrices
		2. Bassin de résidus de Quémont		3,3	0,1	0,5	6,8	7	3,1	Au-delà des limites des lignes directrices dans le cas du cuivre, du zinc et du plomb; en deçà dans le cas du pH
		3. Bassin de résidus du lac Osisko	L	1,2	0,05	0,1	3,0	8	3,3	Au-delà des limites des lignes directrices dans le cas du cuivre et du zinc; en deçà dans le cas du pH
17. Usine du lac Matagami (Noranda) Matagami	Cuivre, zinc 4 100 t/d	Bassin de résidus	Effluent provenant des résidus							
			L	0,1	0,02	L	2,8	10	5,1	Au-delà des limites des lignes directrices dans le cas du zinc
a) Lac Matagami	souterraine	Eaux de mine recyclée dans l'usine								
b) Norita	souterraine	Bassin de décantation	Eaux de mine							
				0,05	0,05	L	2,7	14	7,4	Parfois en deçà des limites en ce qui concerne le pH; au-delà en ce qui concerne le zinc
c) Orchan	souterraine	Bassin de décantation	Eaux de mine							
				0,07	0,02	L	3,5	22	7,3	Au-delà des limites en ce qui concerne le zinc; fermeture en 1982
18. Niobec (Teck-Soquem) Chicoutimi	Niobium 2 100 t/d souterraine	Bassin de résidus avec recyclage partiel		0,02	0,02	0,01	0,06	28	7,3	Parfois au-delà des limites dans le cas des MTS
		Bassin de décantation pour les eaux de mine		0,01	0,01	0,02	0,03	30	7,0	Au-delà des limites dans le cas des MTS
19. QIT-Fer & Titane (Kennecott Copper, New Jersey Zinc) Havre St-Pierre	Fer titane 13 500 t/d souterraine	Aucune installation	Aucun effluent (aucun traitement du minerai; ce dernier est expédié à la fonderie de Sorel)							

L = inférieur à 0,01 mg/l pour les métaux ou inférieur à 5 mg/l pour les matières totales en suspension.

TABLEAU 10 INSTALLATIONS DE TRAITEMENT ET QUALITÉ DES EFFLUENTS DES MINES DE MÉTAUX DU NOUVEAU-BRUNSWICK EN 1982

Mine (compagnie) Emplacement	Produits (sous-produits) Capacité nominale Méthode d'extraction	Installations de traitement	Qualité des effluents liquides en 1982 — Métaux et matières solides en suspension en mg/l							Commentaires sur les règlements et les lignes directrices
			As	Cu	Ni	Pb	Zn	MTS	pH	
1. Brunswick Mining and Smelting (Noranda) Bathurst	Zinc, plomb, cuivre (argent) 10 000 t/d souterraine	Bassin de traitement de Brunswick nº 6 pour les eaux de mine acides (minerai expédié à Brunswick nº 12)	Effluent du bassin de traitement			0,06	0,28 1,20		8,6	Au-delà des limites dans le cas du zinc; parfois au-delà des limites dans le cas du plomb; 1 test de toxicité sur 1 réussi
		Bassin de traitement de Brunswick nº 12 avec recyclage partiel, bassin de traitement pour les eaux de mine acides	Effluent du bassin de résidus			0,4	5,5 100		6,4	Au-delà des limites dans le cas du zinc et du plomb; parfois au-delà des limites dans le cas du cuivre et en deçà dans le cas du pH*; 1 test de toxicité sur 1 raté
			Eaux du fossé de dérivation sud			0,05 0,01	0,4 4,0	5	3,6	Au-delà des limites dans le cas du zinc et en deçà dans le cas du pH*
2. Heath Steele (Noranda) Newcastle	Zinc, plomb cuivre (argent) 3 600 t/d souterraine	Bassin de résidus, système de collecte des eaux de mine polluées		0,01			0,17 0,08		9,4	Conforme aux lignes directrices; 1 test de toxicité sur 1 réussi

L = inférieur à 0,01 mg/l pour les métaux ou inférieur à 5 mg/l pour les matières totales en suspension.
* Brunswick Mining and Smelting a fait de grands progrès en ce qui a trait au contrôle de ses effluents nº 12 depuis 1982.

TABLEAU 11 INSTALLATIONS DE TRAITEMENT ET QUALITÉ DES EFFLUENTS DES MINES DE MÉTAUX DE TERRE-NEUVE EN 1982

Mine (compagnie) Emplacement	Produits (sous-produits) Capacité nominale Méthode d'extraction	Installations de traitement	Qualité des effluents liquides en 1982 — Métaux et matières solides en suspension en mg/l							Commentaires sur les règlements et les lignes directrices
			As	Cu	Ni	Pb	Zn	MTS	pH	
1. Buchans (Asarco) Buchans	Plomb, zinc cuivre 1 100 t/d souterraine	Bassin de résidus		0,1			0,25 5,5		6,7	Au-delà des limites dans le cas du zinc; parfois au-delà des limites dans le cas du plomb; 1 test de toxicité sur 1 raté; production arrêtée en juin 82
			Moyenne de janvier à juin 1982							
2. Consolidated Rambler, Baie-Verte	Cuivre (or, argent) 1 100 t/d souterraine	Bassin de résidus		0,27			0,06 1,0	8		Au-delà des limites dans le cas du zinc; parfois au-delà des limites dans le cas du cuivre; 1 test de toxicité sur 1 réussi; production arrêtée en avril 82
			Moyenne de janvier à septembre 1982							
3. Newfoundland Zinc (Teck) Daniel's Harbour	Zinc 1 550 t/d souterraine	Bassin de résidus					0,3	12	8,0	Conforme aux lignes directrices; 1 test de toxicité sur 1 réussi
			Moyenne de mars à septembre 1982							
4. Iron Ore Co. of Canada Labrador City	Iron Ore 30 000 t/d de boulettes ciel ouvert	Épaississement partiel des résidus avant le rejet dans le lac, recyclage partiel	Les résidus sont déversés directement dans le lac Wabush. Les digues dans le lac Wabush ne constituent pas un bassin à résidus tel que défini par les lignes directrices fédérales quoique Terre-Neuve a accordé une partie du lac à la compagnie pour l'élimination de ses résidus.							Non conforme aux limites des lignes directrices pour ce qui est des MTS
5. Wabush (Pickands Mather) Labrador City	Minerai de fer concentré 16 500 t/d ciel ouvert	Épaississement des résidus avant le rejet dans le lac, recyclage partiel	Les résidus sont déversés dans une portion endiguée du lac Flora. Ce n'est cependant pas un bassin à résidus tel que défini par les lignes directrices fédérales. Terre-Neuve a accordé le lac Flora à la compagnie pour le le déversement de ses résidus et l'exutoire du lac est conforme aux exigences provinciales.							Non conforme aux lignes directrices pour ce qui est des MTS; concentré expédié à l'usine de boulettes de Pointe-Noire (Québec)

L = inférieur à 0,01 mg/l pour les métaux ou inférieur à 5 mg/l pour les matières totales en suspension.

Le commentaire de la colonne 5 s'appuie sur l'examen de toutes les données accessibles à Environnement Canada et non sur la moyenne des données indiquées à la colonne 4. Par exemple, la moyenne annuelle du zinc dans un effluent donné peut être de 0,4 mg/l, ce qui est inférieur à la moyenne mensuelle permise de 0,5 mg/l pour le zinc. Cependant, l'effluent peut avoir dépassé la limite de 0,5 mg/l au cours de quelques mois, tout en conservant une moyenne annuelle inférieure à 0,5 mg/l. La colonne 5 se lira donc comme suit: "occasionnellement supérieure aux lignes directrices relatives au zinc". Les résultats des essais de toxicité faits en 1982 sont également indiqués dans la colonne 5.

3.4 Application

Environnement Canada et d'autres organismes gouvernementaux mènent des études biologiques, évaluent les eaux réceptrices et surveillent les effluents. Les discussions entre le gouvernement et les compagnies minières sont très importantes pour aplanir les difficultés techniques et scientifiques. Cependant, le gouvernement recourt quelquefois à des poursuites judiciaires afin de faire respecter ses règlements et lignes directrices.

Equity Silver Mines Limited a été poursuivie en justice parce qu'elle ne se conformait pas aux limites imposées par les règlements. La compagnie a plaidé coupable à l'accusation de violation de ces limites pendant trois jours en avril 1982 et a dû payer une amende de 12 000 $. Lorsqu'il a rendu sa sentence, le juge a fait remarquer que la compagnie avait dépensé plus de 1,3 million de dollars en 1982 pour chercher à résoudre le problème des eaux de mines acides et qu'elle continuait à investir des sommes considérables à ce chapitre.

Carolin Mines Limited, une mine d'or située près de Hope en Colombie-Britannique, a été reconnue coupable et a dû payer une amende de 135 000 $ pour neuf chefs d'accusation en vertu de la Loi sur les pêcheries, pour avoir rejeté des effluents toxiques responsables de la mort de poissons. La compagnie est allée en appel en mai 1985, mais le jugement n'a pas encore été rendu. Bien que cette mine n'ait pas été assujettie aux règlements ni aux lignes directrices, elle devait se conformer aux clauses générales de l'alinéa 33(2) de la Loi sur les pêcheries. Carolin Mines a entrepris ses opérations de traitement du minerai au début de 1982. Cependant, les installations d'élimination des cyanures n'avaient pas une capacité suffisante. Vers la fin du mois de mars et au début du mois d'avril 1982, les eaux de ruissellement printanières ont forcé la compagnie à évacuer des effluents non traités de son bassin de résidus. Depuis lors, la

mine a fait de grands efforts pour traiter ses effluents. En 1984, la compagnie a mis un terme à la cyanuration. Les activités de la mine ont été suspendues en novembre 1984.

La Clean Environment Commission du Manitoba impose les exigences des règlements et lignes directrices concernant les effluents liquides des mines de métaux par des dispositions prises en vertu du Clean Environment Act du Manitoba. La compagnie Hudson Bay Mining and Smelting Company Limited a été poursuivie en justice parce qu'elle dépassait les limites s'appliquant au zinc et aux matières totales en suspension indiquées dans le règlement de la Commission imposé à la mine Centennial vers la fin de 1982. La compagnie s'est vue imposer une amende de 1 000 $ pour chacune des trois infractions le 16 mars 1984.

4 ÉTAT ACTUEL DES TECHNIQUES UTILISÉES POUR PROTÉGER L'ENVIRONNEMENT

4.1 Introduction

Le présent chapitre décrit les techniques de dépollution de l'eau utilisées pour régler divers problèmes environnementaux causés par les opérations minières. Les cas de mines particulières sont expliqués pour illustrer les applications pratiques de ces techniques.

La complexité des problèmes écologiques varie grandement d'une mine à l'autre. Dans certaines mines, l'application d'une technique fondamentale peut assurer la protection de l'environnement, tandis que dans d'autres cas l'application de techniques plus perfectionnées peut ne pas être suffisante pour obtenir la protection désirée. De nouvelles techniques continuent d'être élaborées et améliorées grâce aux efforts de l'industrie et des gouvernements.

Voici les techniques de dépollution de l'eau utilisées dans les mines de métaux.

1) Enlèvement des matières solides. - La préparation du minerai produit de grandes quantités de rejets solides. Ces résidus sont évacués de l'usine sous forme de boue formée d'eau et de roches finement broyées. La première étape de dépollution de l'eau après la préparation des minerais consiste en l'enlèvement des matières solides fines des résidus (matières totales en suspension). En général, cette boue est acheminée vers un bassin à résidus et les matières solides se déposent alors que la portion liquide surnage. Il faut bien concevoir, construire et exploiter un bassin à résidus afin d'obtenir les teneurs en matières totales en suspension prescrites dans les règlements et lignes directrices sur les effluents liquides des mines de métaux. Les eaux de mine ou les eaux de drainage superficiel qui contiennent de fines particules de roches peuvent également nécessiter un traitement dans un bassin à résidus ou un bassin de décantation.

2) Enlèvement des métaux et contrôle du pH. - Les effluents contenant des métaux dissous constituent souvent un problème dans les mines de métaux, particulièrement là où le minerai, les résidus ou les roches stériles contiennent de grandes quantités de sulfures de fer, principalement de la pyrite ou de la pyrrhotite. L'oxydation des sulfures de fer peut produire des eaux acides qui dissolvent les métaux du minerai, des résidus ou encore des roches stériles.

Cependant, les métaux peuvent être précipités en élevant le pH de l'eau polluée avec de la chaux ou d'autres réactifs basiques. Les précipités d'hydroxydes métalliques sont alors décantés et retenus dans le bassin à résidus ou bassin de traitement. Bien qu'il n'y ait probablement qu'un tiers des mines du Canada qui aient des eaux de mine acides, ces eaux constituent un problème particulièrement important, étant donné que le poisson est très vulnérable à l'acidité et aux métaux lourds.

3) Enlèvement du radium-226. - L'enlèvement du radium-226 des effluents des mines d'uranium est absolument nécessaire. Ce radionucléide est enlevé des eaux usées en ajoutant du chlorure de baryum pour former un précipité de sulfate de baryum-radium qui se dépose au fond d'un bassin ou qui est récupéré par des filtres à sable.

4) Destruction du cyanure. - La destruction du cyanure et des complexes métalliques de cyanure est un problème qui se rencontre principalement dans les mines d'or utilisant le procédé de cyanuration. La dégradation naturelle du cyanure se fait dans un bassin à résidus, mais elle est très lente et souvent insatisfaisante. Des procédés de traitement faisant appel à la chloration alcaline ou à un mélange de dioxyde de soufre et d'air ont été appliqués récemment au Canada dans plusieurs mines d'or.

4.2 Résidus

La principale fonction d'un bassin à résidus est de décanter et stocker les résidus solides provenant de la préparation du minerai. Cependant, un bassin à résidus peut également remplir une variété d'autres fonctions de dépollution des eaux comme le contrôle du pH, l'enlèvement des métaux, l'enlèvement du radium-226 et la destruction du cyanure. Des progrès réalisés dans la conception, la construction et l'exploitation des bassins à résidus ont amélioré l'intégrité physique des structures ainsi que la qualité de l'effluent.

L'une des améliorations opérationnelles est le recyclage accru des eaux des bassins à résidus dans les opérations de préparation du minerai. Bien qu'un recyclage de l'effluent à 100 p. 100 soit possible dans certains cas, des pluies abondantes, des circuits complexes de flottaison ou d'autres facteurs limitatifs empêchent souvent d'obtenir un tel taux de recyclage. Des exemples notables de recyclage élevé sont observés dans les grandes exploitations minières à ciel ouvert de l'intérieur de la Colombie-Britannique où

le climat est très sec. Le recyclage de l'eau représente des avantages considérables du point de vue de l'environnement, étant donné qu'il réduit la quantité de polluants rejetés dans les eaux réceptrices. Ce procédé est souvent économiquement avantageux lorsque l'eau est rare.

La boue de résidus provenant des opérations de préparation du minerai contient généralement de 20 à 35 p. 100 de matières solides. Lorsque ce mélange d'eau et de matières solides est déversé dans un bassin à résidus, les matières les plus grossières se déposent rapidement près du point de déversement et les matières les plus fines (poussières de minerai) sont transportées vers le centre du bassin. Cette ségrégation granulométrique des matières solides pourra présenter certains problèmes lorsqu'on voudra restaurer l'emplacement du bassin à résidus au moment de la fermeture de la mine (c.-à-d. que les résidus fins pourraient être trop mouillés ou les résidus grossiers trop secs pour permettre la reconstitution du couvert végétal).

Deux nouvelles méthodes d'élimination des résidus sont maintenant utilisées au Canada: l'épaississement et l'épandage en gradins. Ces deux nouvelles méthodes ont comme caractéristiques principales que les matières solides des résidus fins et grossiers ne se séparent pas comme dans les méthodes d'élimination classiques des résidus. Les résidus évacués de cette façon peuvent être réutilisés plus rapidement. Ces nouvelles méthodes d'élimination des résidus comportent également des avantages économiques et opérationnels. Les mérites de ces méthodes restent à évaluer.

4.2.1 Épaississement des résidus. Lorsque les résidus atteignent une densité appropriée, ils commencent à se comporter comme une boue épaisse et homogène plutôt qu'un mélange de matières solides fines et grossières dans l'eau. Lorsque les matières solides ainsi épaissies sont déversées dans un dépôt de résidus, l'eau se sépare de la boue, mais les particules fines et grossières ne se séparent pas. Ces résidus forment graduellement un tas conique. La pente de ce cône varie entre 2 et 8 % selon certains facteurs comme la granulométrie et la densité des matières solides, ainsi que la vitesse d'écoulement et la teneur en eau des boues. Cette méthode élimine les grosses digues généralement nécessaires pour l'élimination classique des résidus. Il faut cependant un bassin de décantation pour récupérer les fines matières en suspension de l'effluent du dépôt de résidus ainsi que du trop-plein de l'épaississeur avant que l'eau puisse être recyclée ou rejetée.

Au Canada, deux mines, Kidd Creek Mines Ltd. et Les Mines Selbaie, utilisent la méthode de l'épaississement des résidus. L'usine de la mine Kidd Creek évacue environ

10 000 tonnes de résidus par jour. Les résidus de l'usine sont pompés sur une distance de 4 km dans deux épaississeurs où ils sont épaissis à environ 60 p. 100 de solides. La sous-verse de l'épaississeur se déverse par un robinet au centre du dépôt de résidus. Étant donné la faible granulométrie des résidus de la mine Kidd Creek, la pente du dépôt conique est très douce (environ 2 %). Le fait d'évacuer les résidus épaissis par une série de robinets situés de chaque côté de la canalisation principale permet de diminuer la vitesse d'évacuation et d'accentuer légèrement la pente du cône. L'administration de la mine Kidd Creek prévoit augmenter l'épaississement jusqu'à 65 p. 100 de solides pour obtenir une pente plus forte.

Les Mines Selbaie (Selco Mining Corp.), dans le nord-ouest du Québec, produisent 1 500 tonnes de minerai de cuivre et de zinc par jour et pompent des résidus d'une teneur de 25 p. 100 en solides jusqu'à leur épaississeur à grande capacité. La sous-verse de l'épaississeur est pompée à une teneur de 55 à 65 p. 100 en solides jusqu'à un point d'évacuation, au centre du cône de résidus. Le débit peut varier de 20 à 80 tonnes de matières solides par heure selon la quantité de remblai requise par la mine. Une fois la fraction grossière des résidus enlevée pour constituer le remblai, la densité d'exploitation optimale diminue au-dessous de 60 p. 100 en matières solides. La pente actuelle du cône est de 4 % avec un seul point d'évacuation. On s'attend à ce que la pente soit plus raide lorsque le dispositif d'évacuation en plusieurs points sera installé afin de réduire la vitesse de cette boue le long de la pente du cône.

4.2.2 Épandage en couches. La méthode de l'épandage des résidus en couches produit une masse de résidus peu perméable à pente douce. La boue de résidus est déversée de façon uniforme sur une section de plage à pente douce (environ 1 %) par un tuyau d'évacuation placé à la partie supérieure de la plage. La pente de la plage dépend des caractéristiques de la boue. Cette dernière s'écoule lentement sur la plage pour former une couche de résidus uniforme et relativement mince, généralement de quelques centimètres d'épaisseur.

Une fois qu'une section de la plage est couverte d'une certaine épaisseur de résidus, le tuyau d'arrivée des résidus est déplacé pour couvrir une autre section de la plage et la couche qui vient d'être épandue sur la plage peut se décanter et se drainer. Grâce à ce procédé, il y a une certaine ségrégation verticale (sans ségrégation horizontale) dans cette couche, les fractions les plus fines étant concentrées à la surface. L'eau est évacuée dans le réseau de décantation. Il faut généralement plusieurs jours pour décanter et drainer chaque nouvelle couche de résidus. Les pressions par succion causées par le séchage consolident le dépôt, étant donné que les résidus ne sont plus saturés d'eau.

La ségrégation verticale des particules fait que le coefficient de perméabilité verticale est de deux ordres de grandeur moindre que le coefficient de perméabilité horizontale. Cela réduit l'infiltration des eaux de précipitation dans le dépôt et fait que les couches sous-jacentes ne sont pas saturées d'eau. Bien que ce ne soit pas essentiel, les résidus peuvent être épaissis avant d'être déposés par la technique de l'épandage en couches. L'épaississement donne un dépôt de résidus plus dense.

Bien que l'épandage des résidus en couches ait été pratiqué à divers endroits dans le monde, c'est Key Lake Mining Corporation qui a entrepris l'utilisation industrielle de cette technique au Canada en 1983. Au cours de l'hiver, les résidus sont évacués par la méthode classique dans une section du dépôt, et on leur permet de dégeler et de se drainer au cours de l'été qui suit.

Westmin Resources a entrepris l'exploitation d'une installation d'épandage en couches en juin 1984. Étant donné que les résidus de Westmin peuvent acidifier l'eau, il est très important de trouver une méthode d'élimination permettant de réduire ou d'éliminer toute dissolution des métaux après l'abandon des résidus. La conception des installations d'épandage en couches a été intégrée afin de pouvoir intercepter les eaux acides provenant des dépôts existants de roches stériles. Toutes les eaux d'infiltration provenant des résidus ainsi déposés sont interceptées et traitées de la même façon que les eaux de percolation polluées des dépôts de roches stériles (voir 4.3.1).

4.3 Eaux de mine acides

Les eaux de mine acides qui se trouvent dans environ un tiers des mines de métaux du Canada peuvent dissoudre les métaux de la roche, du minerai ou des résidus et les libérer dans le milieu aquatique. Les eaux de mine acides résultent de l'oxydation des sulfures de fer comme la pyrite et la pyrrhotite dans la roche, le minerai ou les résidus dans lesquels il manque des minéraux basiques, comme la calcite et la dolomie, pour empêcher ou retarder l'acidification. Cette oxydation se fait à la fois de façon chimique et biologique. Les eaux de mine acides contiennent toujours *Thiobacillus ferroxidans*, la principale bactérie. Cette bactérie obtient son énergie de croissance de l'oxydation des composés sulfureux comme les sulfures et le fer ferreux.

L'équation qui suit indique la réaction d'acidification nette dans le cas de l'oxydation de la pyrite:

$$4FeS_2 + 15O_2 + 14H_2O \longrightarrow 4Fe(OH)_3 + 8H_2SO_4$$

Cette réaction représente l'hydrolyse complète de tout le fer ferrique. Dans la pratique, le fer ne précipite pas au complet sous forme d'hydroxyde de fer; une certaine quantité de fer forme un sulfate basique de fer de type jarosite. Ce composé peut être représenté par la formule $AFe_3(SO_4)_2(OH)_6$, où A peut être du H^+, K^+, etc. La formation de ce produit peut être représentée par l'équation suivante:

$$6FeS_2 + 22\ 1/2\ O_2 + 15H_2O \longrightarrow 2HFe_3(SO_4)_2(OH)_6 + 8H_2SO_4$$

Le phénomène des eaux de mine acides n'est aucunement relié au traitement du minerai, sauf dans les mines d'uranium. Le simple fait d'exposer de la roche sulfurée à l'air et à l'eau entraîne la formation d'eau acide. Étant donné que l'étape de lixiviation à l'acide sulfurique au cours du traitement du minerai d'uranium élimine tous les minéraux basiques du minerai, les résidus d'uranium contenant des sulfures de fer peuvent être de forts producteurs d'acides.

Les poissons sont très vulnérables aux effets néfastes de l'eau trop acide ou trop alcaline. Les eaux de mine acides transportent également des métaux lourds dissous nocifs pour les poissons et les autres organismes aquatiques. Certains métaux, notamment le cuivre, le plomb, le zinc et le cadmium, peuvent tuer les poissons, même à de faibles teneurs. Les effluents modérément alcalins ne constituent généralement pas un danger pour les poissons, étant donné que les métaux lourds ne sont pas très solubles dans l'eau alcaline. La plupart des effluents des mines de métaux basiques sont légèrement alcalins. Les règlements et les lignes directrices concernant les effluents liquides des mines de métaux prévoient un pH minimal afin d'éviter le rejet d'effluents acides, mais ne prévoient aucune limite maximale.

Le problème posé par les eaux de mine acides peut être compliqué par la présence de thiosulfates et de thionates (composés de soufre non saturés) dans l'effluent. Ces composés peuvent provenir de la préparation de certains minerais sulfurés ayant de fortes teneurs en pyrite et en pyrrhotite, ou de l'utilisation de réducteurs à base de soufre dans les circuits de flottaison. L'oxydation des thiosulfates et des thionates produit, avec le temps, de l'acide sulfurique. Par exemple, l'effluent peut quitter un bassin à résidus avec un pH supérieur à 7, mais après plusieurs jours d'oxydation les eaux réceptrices peuvent devenir acides. Les effluents contenant ces sels doivent être traités dans des bassins d'oxydation biologique avant l'ajustement final du pH et l'enlèvement des métaux. Il peut être très difficile, et dans certains cas, impossible, de traiter les eaux pour en éliminer ces sels. Des recherches ont été entreprises au cours des dernières années en vue de mettre au point des méthodes économiques pour résoudre ce problème. Des méthodes chimiques et biologiques ont été étudiées, l'accent étant mis sur les méthodes biologiques.

4.3.1 Systèmes de traitement. Le traitement des eaux de mine acides consiste à: 1) ajouter de la chaux ou des réactifs neutralisants afin d'amener le pH de l'eau entre 9 et 11 pour former un précipité métallique; 2) faciliter l'enlèvement des précipités d'hydroxydes métalliques par décantation; 3) éliminer la boue ainsi obtenue qui contient des métaux.

La méthode la plus simple et la plus répandue est la neutralisation des bassins à résidus. Le pH de l'effluent des résidus d'une usine de broyage du minerai varie généralement de 8 à 10. Dans certains cas, l'effluent seul peut être suffisant pour neutraliser les eaux de mine acides, tandis que dans d'autres cas il faut ajouter de la chaux. Les précipités d'hydroxydes métalliques se déposent avec les résidus solides et sont enfouis avec eux.

Dans les mines où il n'est pas pratique d'utiliser des bassins à résidus pour le traitement des eaux de mine acides, il faut des installations indépendantes. Dans certains cas, l'effluent des bassins à résidus subit un traitement additionnel. Les systèmes de traitement indépendants peuvent être divisés en deux types: a) addition de chaux avec bassin de décantation ou de polissage, b) addition de chaux avec traitement mécanique (c.-à-d. des clarificateurs).

Des exemples de ces deux types de systèmes de traitement sont donnés ci-dessous et les données sur l'influent et l'effluent figurent au tableau 12. Les exemples mettent l'accent sur le traitement mécanique, étant donné que les progrès réalisés dans ce domaine sont plus récents que ceux des bassins de décantation et d'épuration qui existent depuis de nombreuses années.

Westmin Resources, situé dans une vallée étroite en terrain montagneux sur l'Île de Vancouver, possède un système de drainage à intercepteurs souterrains pour recueillir les eaux de mine acides de ses dépôts de roches stériles. Le réseau de drainage souterrain sert également pour le système de drainage de la nouvelle installation d'élimination des résidus de la mine (voir 4.2.2). L'eau provenant du système de drainage et toutes les autres eaux polluées de la mine sont traitées avec de la chaux et pompées dans une série de cinq bassins de décantation. De grandes quantités de boues d'hydroxydes thixotrophiques se décantent dans les bassins jusqu'à une densité de seulement 1 p. 100 de solides. Westmin met actuellement à l'essai une nouvelle méthode d'élimination comprenant l'injection de boues dans les dépôts de roches stériles productrices d'acide. L'injection de boues à pH élevé dans les dépôts semble diminuer la vitesse de formation d'acide dans les roches stériles.

TABLEAU 12 INFLUENTS ET EFFLUENTS TYPES DES USINES DE TRAITEMENT D'EAUX DE MINE

A. Influent (avant traitement)

Mine	Volume m^3/d	Influent (mg/l sauf pH)					
		pH	Cu	Fe	Pb	Ni	Zn
Westmin Resources (Eaux souterraines)	57 000	4,4	6	2	0,02		40
Inco - Copper Cliff	270 000	5,8	0,6	15,4		9,2	
Inco - Nolin Creek	36 000	4,3	6,7	35,6		19,8	
Cominco - Sullivan	26 000	4,5	0,15	250	5		22-75
Mattabi	6 400	5,8-6,0	0,06	1,5	0,06		10
Brunswick Mining Mine nº 12	2 300	2,6-3,0	5-12	500-1200	3-7		1700

B. Effluent (après traitement)

Mine	Effluent (mg/l sauf pH)					
	pH	Cu	Fe	Pb	Ni	Zn
Westmin Resources	9-10	0,02	0,08	<0,02		0,3
Inco - Copper Cliff	7-9,9	<0,03	0,6-1,3		0,3-0,9	
Inco - Nolin Creek	9,5-11,4	<0,02-0,6	0,3-3,4		0,2-1,3	
Cominco - Sullivan	9,5	<0,05	<1,0	<0,1		<0,2
Mattabi	9,8	0,01	0,05	0,01		0,5
Brunswick Mining Mine nº 12	9-10	0,01-0,1	0,01-4	0,25		0,01-2

Les importantes opérations d'extraction, de concentration du minerai, de fusion et d'affinage de la compagnie Inco dans la région de Sudbury se font dans deux installations de traitement mécanique centralisées. L'installation de Copper Cliff traite tout le débit de Copper Cliff Creek jusqu'à 270 000 m^3/d pour en enlever les métaux. Dans cette installation, l'eau du ruisseau est mélangée à de la chaux, et un floculant est ajouté avant que l'influent entre dans deux clarificateurs de 41 m de diamètre. La boue du clarificateur est déposée dans le bassin à résidus. L'installation d'Inco à Nolin Creek traite principalement les eaux de drainage naturel provenant d'une zone riche en métaux lourds. La boue de Nolin Creek est expédiée dans la fonderie pour la récupération des métaux. Étant donné leur similarité, les deux installations de traitement sont dirigées par l'installation de Copper Cliff.

L'installation de traitement de Sullivan, de Cominco, traite les eaux de mine, les effluents du bassin à résidus de fer et les effluents du bassin à résidus de silice. L'installation utilise la neutralisation à la chaux, procédé à boues à densité élevée. La boue de chaux et la boue recyclée provenant du clarificateur sont mélangées dans une cuve avant d'être ajoutées aux eaux brutes. La boue provenant de l'installation est accumulée dans un endroit distinct. L'oxydation complète de tout le fer ferreux de l'influent est essentielle pour obtenir les résultats optimaux. Ce système fonctionne dans une grande variété de conditions selon les conditions météorologiques, les débits de drainage et les charges métalliques très variables. Le recyclage de la boue modifie les matières solides de cette boue, légère et crémeuse à l'origine, de façon à obtenir une texture presque granuleuse. La boue contient environ 20 à 30 p. 100 de solides comparativement à 2 à 3 p. 100 avec les procédés de traitement classiques, ce qui diminue ainsi le volume des boues rejetées. Les frais d'investissement de Cominco étaient d'environ 10 millions de dollars en 1979 et les frais d'exploitation, d'environ 1 million de dollars (1983).

La mine Mattabi (Noranda) utilise également le procédé des boues à densité élevée dans une installation plus petite et plus compact. La boue contient en général 20 p. 100 de zinc et 4 p. 100 de fer (avec des variations saisonnières) et elle est mélangée avec le concentré de zinc. Cette installation est l'une des rares dont la boue a une teneur métallique suffisamment élevée pour avoir une valeur commerciale. Le groupe Noranda exploite également des installations de traitement mécanique des eaux de mine à Geco et à Mines Gallen.

Brunswick Mining and Smelting possède une installation de traitement mécanique pour les eaux de mine acides souterraines à sa mine et son complexe de

concentration nº 12. Les eaux de la mine sont neutralisées avec une boue de chaux hydratée dans deux réacteurs à agitation. Le fer ferreux est oxydé en fer ferrique par injection d'air. Un floculant est ajouté avant que l'eau traitée entre dans un clarificateur. Le trop-plein du clarificateur est déversé dans une fosse de dérivation tandis que la boue est évacuée dans un bassin à résidus.

4.3.2 Eaux d'infiltration de mines abandonnées. L'abandon de dépôts de résidus et de tas de roches stériles générateurs d'acide constitue le problème de pollution de l'eau le plus grave pour l'industrie minière. Les techniques de dépollution actuelles permettent généralement aux usines de se conformer aux normes réglementaires au cours de l'exploitation de la mine. Cependant, aucune méthode techniquement ou économiquement viable n'a encore été élaborée pour assurer une protection à long terme de l'environnement contre les eaux de percolation acides des résidus abandonnés contenant de grandes quantités de sulfure.

Le Centre canadien des mines et de métallurgie (CANMET) a entrepris un programme de recherche industrie-gouvernement de plusieurs années pour étudier ce problème. Dans la première partie de ce programme, un rapport d'une firme d'experts-conseils intitulé *Étude de gestion des résidus sulfurés* a été rédigé et est distribué par CANMET. Ce rapport étudie: 1) l'importance des dépôts de résidus sulfurés au Canada; 2) les pratiques actuelles en matière de gestion des résidus; 3) la formation d'acide dans les résidus et les techniques de traitement; 4) la reconstitution du couvert végétal; 5) des recommandations pour la recherche.

4.4 Extraction de l'uranium: contrôle des radionucléides

La radioactivité dégagée par le minerai, les roches stériles et les résidus d'une mine d'uranium est principalement attribuable aux sous-produits de l'uranium. L'uranium est extrait d'un minerai par un procédé de lixiviation à l'acide sulfurique ou au carbonate. Cette lixiviation extrait également une partie des autres radionucléides comme le radium-226, le thorium-230, le thorium-232, le plomb-210 et le plomb-212 ainsi que des métaux lourds non radioactifs. La plupart des métaux radioactifs et non radioactifs dissous présents dans les boues de résidus sont précipités par addition de chaux avant que les résidus soient évacués de l'usine de traitement. Cependant, l'activité d'un radio-isotope, le radium-226, demeure relativement élevée dans les effluents du bassin à résidus et c'est pourquoi cet effluent doit subir un traitement additionnel.

4.4.1 **Traitement classique.** Le radium-226 est généralement éliminé des effluents des usines d'uranium par addition d'une solution diluée de chlorure de baryum aux eaux de décantation du bassin à résidus et par séparation des précipités de sulfate de baryum et de radium formés dans de grands bassins de sédimentation. Puisque le précipité est fin, un floculant est souvent ajouté pour hâter la décantation. Il est quelquefois nécessaire de recourir à une étape de filtration sur sable pour épurer la solution décantée (mine de Cluff Lake d'Amok) ou une partie de celle-ci (mine de Rabbit Lake d'Eldorado Resource).

4.4.2 **Système de traitement mécanique.** Grâce à un programme de recherche gouvernement-industrie, un procédé d'enlèvement du radium-226 a été mis récemment au point selon lequel la précipitation et la séparation du sulfate de baryum-radium se font dans un système entièrement mécanique. Le radium-226 est précipité dans des bassins à agitation et ce produit est ensuite capté sur filtres à sable alimentés par gravité. Les filtres sont régulièrement lavés à contre-courant pour enlever le précipité qui est ensuite enfoui dans les résidus.

Lorsque Rio Algom Limited a rouvert ses installations de Stanleigh en 1983, elle a incorporé une station de traitement mécanique de ce type d'une capacité nominale de 530 l/s. La station consiste en une section de prétraitement et une section de filtration, toutes deux situées dans des bâtiments distincts. L'effluent des résidus s'écoule par gravité dans les installations de prétraitement où sont ajoutés de la chaux et du chlorure de baryum. L'effluent s'écoule ensuite dans quatre bassins de précipitation en série agités lentement. Un floculant est ajouté à l'effluent du dernier bassin pour améliorer l'efficacité de la filtration subséquente.

Le bâtiment abrite un ensemble de sept filtres à deux milieux (sable sur anthracite) de 3,66 mètres de diamètre et 7,62 mètres de haut, et tout l'équipement connexe nécessaire pour le lavage à contre-courant des filtres. Toute cette séquence de traitement est contrôlée automatiquement par micro-ordinateur. L'eau qui en résulte et qui contient le précipité de sulfate de baryum et de radium est renvoyée dans le bassin à résidus. Chaque filtre doit être périodiquement lavé avec de l'acide nitrique pour éliminer la croûte de gypse accumulée dans le milieu filtrant, mais cela n'a pas encore été nécessaire. En dépit des problèmes normaux rencontrés au cours de la période de démarrage, l'usine fonctionne de façon satisfaisante et se conforme aux limites imposées pour la qualité de l'effluent.

Key Lake Mining Corporation utilise également un système de traitement mécanique pour l'enlèvement du radium; on y emploie un épaississeur lamellaire, à la place de filtres, pour la clarification. L'enlèvement du radium de l'eau contaminée excédentaire y est également effectué par un procédé d'échange ionique.

4.4.3 Stabilisation de la boue. Agnew Lake Mines, maintenant fermé, récupérait l'uranium en lessivant à l'acide sulfurique du minerai concassé sous terre et en surface. Bien que cette mine ne produisait pas de résidus de type classique, le lessivage produisait toutefois des boues. L'aire d'évacuation de ces boues, couvrant environ 30 hectares, contenait approximativement 400 000 mètres cubes de sulfate de calcium, de sulfate de baryum-radium et de précipités d'hydroxyde de fer. Ces matières étaient thixotropiques et contenaient environ 20 p. 100 de solides. La compagnie a transporté plus de deux millions de tonnes de pierre concassée provenant des bassins de lessivage jusqu'à l'aire d'évacuation des boues en 1983 afin de stabiliser les boues. La pierre et la boue ont été mélangées à l'aide d'un bulldozer et d'une grue à benne preneuse et ensuite aplaties dans le bassin de boue pour créer une surface uniforme et ferme en vue de la reconstitution du couvert végétal. Cette fermeture de mine a coûté plus de 2 millions de dollars.

4.4.4 Contrôle des eaux d'infiltration. Au cours des dernières années, les remblais des dépôts de résidus des mines d'uranium ont été conçus avec des matériaux très peu perméables afin de minimiser la percolation des radionuclides dissous. Ces remblais ont été reconstruits à l'aide de membranes imperméables synthétiques ou à l'aide de couches compactes de matériaux naturels comme l'argile placés dans le centre du remblai afin d'en réduire la perméabilité. Ces remblais reposent sur l'assise rocheuse dont les fissures ont été jointoyées avec du béton afin d'éviter la fuite d'eaux polluées à travers le roc. La récupération et le traitement des eaux d'infiltration est une pratique courante.

4.5 Traitement des déchets de cyanure des mines d'or

L'or est extrait du minerai par lixiviation au cyanure. Bien que la solution usée (après récupération de l'or) puisse être en majeure partie recyclée, l'absorption des métaux comme le cobalt, le cuivre, le fer, le nickel et le zinc réduit l'efficacité de cette solution pour la récupération de l'or. Il faut donc retirer une partie de la solution usée et ajouter du cyanure frais. Bien que la solution usée très toxique se décompose de façon naturelle, cette dégradation se fait très lentement et la solution doit demeurer longtemps dans les bassins de retenue avant que l'effluent soit détoxifié. La dégradation naturelle donne rarement un effluent acceptable.

Bien que des méthodes de traitement des déchets à base de cyanure, mais à petite échelle, soient connues depuis de nombreuses années dans d'autres industries, aucun de ces procédés n'avait été appliqué dans l'industrie de l'extraction de l'or au moment de la rédaction des règlements et des lignes directrices. Faute de techniques éprouvées, les mines d'or utilisant le procédé de cyanuration ont été exemptées de l'application des règlements et des lignes directrices concernant les effluents liquides des mines de métaux. Dans le but de régler ce problème, Environnement Canada a participé à un programme de coopération avec l'industrie, les provinces et autres ministères gouvernementaux comme EMR afin d'identifier et de concevoir des techniques de traitement du cyanure dans les effluents des usines d'or. Actuellement, les trois méthodes les plus employées pour traiter les effluents des mines d'or au Canada sont: la décomposition naturelle, la chloration alcaline et le procédé Inco SO_2-air. (De plus, à la mine Con de Cominco, le cyanure est enlevé par réaction avec le sulfure de fer.)

4.5.1 Décomposition naturelle. La décomposition naturelle est la méthode la plus répandue et elle était, jusqu'à il y a 4 ans, la seule méthode utilisée pour épurer ces effluents; elle requiert une longue rétention dans un bassin pour les diverses formes de cyanure contenues dans les effluents des mines d'or afin de décomposer ces produits et ainsi respecter les limites permises pour le rejet dans les eaux réceptrices.

Bien que la volatilisation du cyanure d'hydrogène constitue le principal moyen de décomposition naturelle, il y a également un éventail d'autres procédés physiques, chimiques et biologiques comme la photodécomposition, la précipitation et l'oxydation chimique et biologique. De plus, la dilution dans les bassins à résidus par d'autres effluents de mines ou d'usines de préparation et la précipitation naturelle réduisent encore la teneur en cyanure de l'eau avant le rejet dans un milieu naturel. Le moyen et le taux d'enlèvement du cyanure dépendent d'un certain nombre de conditions comme le pH de l'eau, la teneur en cyanure et les espèces de cyanure, l'exposition à la lumière du jour, la superficie, la profondeur, la turbidité et la turbulence du bassin, ainsi que le nombre et le type de bactéries présentes dans l'eau.

Bien que dans certains cas la décomposition naturelle des cyanures ait produit un effluent de qualité acceptable pour les organismes de réglementation, ce fut souvent le contraire, comme le démontre l'intérêt actuel pour l'application de nouveaux traitements chimiques pour la destruction des cyanures. Lorsque ce procédé ne suffit pas à produire un effluent de qualité satisfaisante, il constitue cependant une étape intermédiaire utile pour l'enlèvement partiel des cyanures avant un traitement chimique ultérieur.

Des études sont en cours au Centre technique des eaux usées d'Environnement Canada afin de connaître les facteurs les plus importants touchant la décomposition naturelle des cyanures, d'identifier les mécanismes et les vitesses de décomposition possibles et, enfin, de mettre au point un modèle de prévision du procédé.

4.5.2 Méthode de la chloration alcaline. Le procédé de la chloration alcaline consiste à détruire les cyanures (le cyanure libre et la plupart des complexes métaux-cyanures par oxydation par le chlore (c.-à-d. le chlore gazeux, l'hypochlorite de calcium ou de sodium) à un pH très alcalin (11-12). L'oxydation complète des cyanures se fait en deux étapes. Au cours de la première étape, le cyanure est converti en cyanate (CNO^-) et au cours de la deuxième le cyanate est oxydé en dioxyde de carbone et en azote. Comme la destruction complète des cyanures nécessite une durée de rétention considérable et l'addition de réactifs, les frais d'immobilisation et d'exploitation sont beaucoup plus élevés que pour l'oxydation en cyanate. C'est pour ces raisons économiques et parce que le cyanate est considéré comme au moins 1 000 fois moins nocif que le cyanure libre que l'oxydation en cyanate est généralement considérée comme acceptable par les organismes de réglementation. Cependant, de nouveaux travaux ont été entrepris afin de vérifier la toxicité des cyanates et des thiocyanates.

Les effluents des mines d'or contiennent fréquemment des quantités appréciables de cyanure de fer, selon la composition du minerai. L'un des principaux inconvénients de la chloration alcaline vient du fait que ce procédé ne détruit pas le cyanure présent sous forme de cyanure de fer.

Conformément à un contrat avec Environnement Canada, Ker Priestman and Associates vient d'achever une évaluation du rendement d'un procédé de chloration alcaline aux mines Baker, Carolin et Mosquito Creek de la Colombie-Britannique. La destruction du cyanure total à ces mines variait de 83 à 99,6 p. 100 selon la quantité de cyanure de fer présent dans les solutions traitées. Cependant, 99,8 p. 100 des cyanures moins stables que le cyanure de fer étaient détruits dans tous les cas. Voici d'autres mines qui utilisent actuellement ou qui ont déjà utilisé la chloration alcaline: a) Giant Yellowknife (or); b) Detour Lake (or); c) United Keno Hill (argent); d) Western Mines of Westmin Resources (plomb, zinc, cuivre).

4.5.3 Procédé SO_2-air de l'Inco. En 1981, Inco Metals Limited a annoncé la mise au point d'un procédé d'enlèvement du cyanure total des effluents des mines d'or. Inco a reçu le 10 avril 1984 le brevet canadien n° 1165474 pour ce procédé.

Ce procédé est basé sur la réaction d'un mélange de SO_2 et de O_2, en présence de cuivre soluble agissant comme catalyseur, avec du cyanure libre ou des complexes métaux-cyanures dans l'effluent. L'oxygène de la réaction est fourni par addition d'air et le SO_2 peut être fourni sous forme de gaz de SO_2, d'acide sulfureux, ou encore de sulfite ou de bisulfite soluble. L'addition de cuivre (sous forme de sulfate ou d'hydroxyde de cuivre) pour la catalyse n'est pas nécessaire lorsque l'effluent de la mine d'or a déjà une teneur suffisante en cuivre, généralement plus de 50 mg/l. Le pH approprié pour ce procédé est de 8 à 10.

Dans ce procédé, les cyanures moins stables que le cyanure de fer sont éliminés par oxydation en cyanate. Le cyanure de fer est réduit à la forme de ferrocyanures et continuellement précipité sous forme de ferrocyanures de type $M_2Fe(CN)_6$ où M peut être du cuivre, du nickel ou du zinc. Les autres métaux sont précipités sous forme d'hydroxydes.

Comme très peu de thiocyanate est oxydé dans ce procédé, la consommation de SO_2 par le thiocyanate est évitée. Le thiocyanate est considéré comme relativement non toxique comparativement au cyanure libre. Cependant, au besoin, le thiocyanate peut être enlevé par ce procédé, mais seulement après l'enlèvement du cyanure.

Bien que les mécanismes chimiques n'aient pas été complètement établis, voici les réactions simplifiées supposées:

$$CN^- + SO_2 + O_2 + H_2O \longrightarrow CNO^- + H_2SO_4$$

$$2M^{+2} + (Fe(CN)6)^{-4} + x \cdot H_2O \rightarrow M_2Fe(CN)_6 \cdot H_2O$$

Ce procédé suscite beaucoup d'intérêt et il a été testé en laboratoire sur un grand nombre d'effluents de mines d'or. Il est actuellement appliqué à Equity Silver Mines et McBean Mine de l'Inco. Il a également été utilisé à la mine Baker de Dupont, à la mine Carolin et à Scottie Gold Mines, avant leur fermeture. D'autres mines d'or étudient la possibilité d'utiliser ce procédé et d'autres sont en train d'installer l'équipement nécessaire. Environnement Canada fait actuellement une évaluation globale du procédé. Voici les avantages et les inconvénients de ce procédé tels que décrits par Inco Limitée:

- **Avantages**

1) Le cyanure total peut être réduit à de faibles teneurs, c.-à-d. 0,1 mg/l.
2) Les métaux peuvent être réduits à de faibles teneurs, c.-à-d. moins de 1 mg/l.
3) Le cyanure de fer peut être enlevé sous forme d'un précipité stable.
4) Les réactions se font rapidement, généralement en moins d'une heure.
5) Les besoins en réactifs chimiques sont relativement faibles.

6) Le procédé peut être appliqué aux solutions ou aux boues.
7) L'équipement requis est simple et facile à obtenir.
8) Le contrôle du procédé est relativement simple.

Inconvénients

1) Il faut payer des redevances pour utiliser le procédé breveté.
2) S'il faut enlever le thiocyanate, les réactions ne se font pas rapidement.
3) Le prodécé doit être utilisé à l'échelle industrielle afin d'en permettre l'évaluation complète.

4.5.4 Autres procédés de traitement. L'année dernière, OK Tedi Mines, en Nouvelle-Guinée, et Homestakes Mines, dans le Dakota-Sud, sont devenues les premières mines d'or à traiter leurs effluents au moyen, respectivement, de l'oxydation au peroxyde et de la biodégradation. L'utilisation de ces nouveaux procédés sera suivie avec beaucoup d'intérêt.

Environnement Canada continuera à s'impliquer dans la mise au point, la démonstration et l'évaluation de procédés visant la prévention et la lutte contre la pollution dans l'industrie minière.